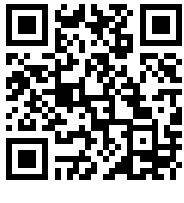
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

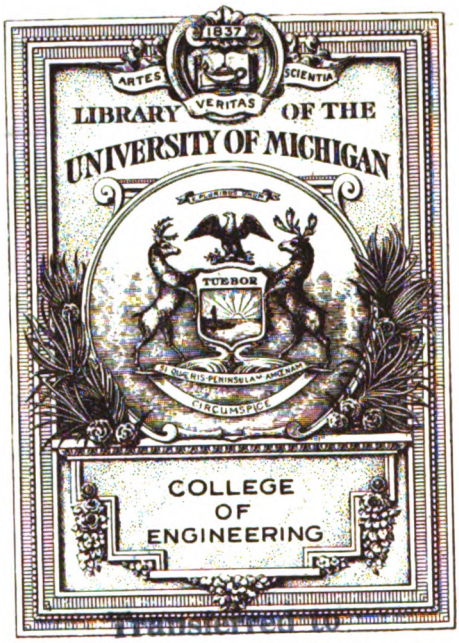
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 384027

Digitized by Google




GENERAL LIBRARY

Digitized by Google

HE
6005
.A61

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

A 613

7me ANNÉE. MARS 1918. N° 1

Engineering Library
JUN 14 1918
UNIV. OF MICH.

# ANNALES
DES
# POSTES, TÉLÉGRAPHES
# ET TÉLÉPHONES

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**
*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*
**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

VIIe Année — N° 1, 1918.

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1er Janvier.*

PARIS
A. DUMAS, ÉDITEUR
6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IXe)

Digitized by Google

Établissements Industriels de E. C. et de

# ALEXANDRE GRAMMONT

Sté Ame AU CAPITAL DE FRANCS **5.250.000**

à **PONT-DE-CHÉRUY** (Isère)

Siège social à **LYON**, 20, quai de Retz

*Successeur de la Société des*

## *Téléphones et Télégraphes de Lyon*

pour les

Appareils Téléphoniques en tous Genres

POUR RÉSEAUX D'ÉTAT

**POSTES TÉLÉPHONIQUES SPÉCIAUX**

**HAUTE TENSION**

Mines, Marine, Chemins de Fer

**Annonciateurs de protection contre l'incendie,**

**Commutateurs,**

**Sonneries,**

**Lustrerie**

**Appareillage Electrique**

**LAMPES ÉLECTRIQUES, MARQUE "FOTOS"**

**Fils et Câbles électriques**

*Nus et Isolés*

**CABLES SOUS-MARINS**

Câbles armés pour Haute Tension. Transport d'Énergie

**RAFFINAGE, LAMINAGE,**

Trèflerie de Cuivre

**TRANSFORMATEURS**

**Moteurs**

**Dynamos**

**CAOUTCHOUC EN GÉNÉRAL**

Caoutchouc Industriel — Tuyaux — Ébonite

*Talons Caoutchouc Marque* **E. C. G.**

**PNEUMATIQUES**

pour Voitures, Voiturettes, Motocyclettes et Cycles

**BANDAGES PLEINS** pour Camions et Autobus

## USINES :

**PONT-DE-CHÉRUY (Isère).**
**LA PLAINE-CHAVANOZ (Isère).**
**LYON, 12, Rue du Belvédère.**
**LYON, 220, Route d'Heyrieux.**
**SAINT-TROPEZ (Var).**

## MAISONS DE VENTE :

**PARIS**, 10, rue d'Uzès. Tél. Cent. 21-57 et 21-85
**LYON**, { 19 & 20, quai de Retz. Tél. 16-5
{ 12, rue du Belvédère. » 30-17
**TOULOUSE**, 4, boul. Lazare-Carnot. » 2-59.
**MARSEILLE**, 2, rue Armény. » 31-28.
**GRENOBLE**, 26, rue du Lycée. » 26-73
**ANGERS**, Place de la Visitation. » 3-56
**BORDEAUX**, 62, rue du Palais-Galien. » 39-62
**ALGER**, 28, boul. Carnot. » 21-76

Digitized by Google

# ANNALES

DES

# POSTES, TÉLÉGRAPHES

# ET TÉLÉPHONES

---

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**

*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*

**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

---

VII^e^ Année — N° 1, 1918.

---

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1^er^ Janvier.*

---

PARIS

A. DUMAS, ÉDITEUR

6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IX^e^)

Digitized by Google

# COMMISSION DES ANNALES

# DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

## AVIS

Les manuscrits adressés aux Annales sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII^e^.

*Membres de la Commission :*

M. Dennery, Inspecteur général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, *Président.*

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le Directeur du Personnel à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Lorain, Directeur de l'Exploitation Téléphonique, Professeur à l'École Supérieure.

M. Ferrière, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine, Professeur à l'École Supérieure.

M. Maureau, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École Supérieure.

M. Augier, Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes.

M. Paillon, Directeur départemental des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Sous-Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes, *Membres.*

MM. Tapfin, Inspecteur des Postes et Télégraphes, Drouet et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes, *Secrétaires.*

M. Godet, Rédacteur des Postes et Télégraphes, *Secrétaire-adjoint.*

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

## MISSION DE FONCTIONNAIRES DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES AUX ÉTATS-UNIS


Pages

Les radiocommunications à grande distance et le réseau transocéanique français ..... 9

* * *

Troubles sur les circuits téléphoniques par courants forts, notamment de traction monophasée ..... 191

Baudot quadruple Naples-Palerme, par M. Mercy, Commis Principal au Poste Central Télégraphique de Paris ..... 197


* * *

## SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES


Économies de matières premières : Réutilisation de piles usées.. 199

Piles pour abonnés à faible trafic téléphonique ..... 205

Essai de câble aérien ..... 206

Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels ..... 208

Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées ..... 209


### Comité technique des postes et télégraphes


Économies de matières premières ou de main-d'œuvre : Suppression de piles d'abonnés ; admission d'appareils d'abonnés à batterie centrale intégrale ; suppression des piles d'appel



331233

Digitized by Google

dans les bureaux téléphoniques..... 210
Griffe spéciale pour arracher les poteaux..... 212

## LE SERVICE POSTAL, TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE DANS LES ADMINISTRATIONS ET ARMÉES DES PAYS ENNEMIS

Les chèques postaux en Allemagne..... 213
Union postale entre États de l'Europe Centrale..... 215
Rôle de la section des informations dans l'armée allemande..... 217
Mesures prises, en Allemagne, pour alléger le service télégraphique et téléphonique..... 218
Limitation dans la distribution des lettres par exprès et des télégrammes..... 219
Essais, en Allemagne, de réutilisation des piles à liquide immobilisé usagées..... 219
Indemnités de guerre et suppléments temporaires de traitements accordés en Allemagne..... 220

* * *

## COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES

### *Périodiques en langue française.*

Théorie et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb. 228

### *Périodiques en langues étrangères.*

Amplificateur électrostatique pour la réception des ondes hertziennes..... 230
Troubles télégraphiques causés par le chemin de fer électrique du Lötschberg..... 232
La téléphonie automatique dans les petits réseaux..... 233
Récents progrès en téléphonie..... 236

* * *

## INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Un ingénieur des Télégraphes représentant de l'Alsace à l'Assemblée Nationale de Bordeaux..... 238

Digitized by Google

William Duddell ..... 239
Police navale contre la T. S. F ..... 239
Méthode phonétique pour l'enseignement du code Morse ..... 240
Un cours de Poste au Mexique ..... 241
Machine à damer pour remblayage de tranchées ..... 241
Couverture des chambres de tirage ..... 242

* * *

## BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages divers ..... 243

* * *

Brevets d'invention ..... 245

Digitized by Google

## BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES (1)

*Construction des lignes télégraphiques et téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Lorain, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (3e édition. 1914). — 2 vol. Prix : 4 francs le vol.

*Comptabilité et droit budgétaire.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Feret du Longbois, Directeur au Ministère des Finances (1912). — 1 vol. Prix : 4 francs.

* *Installations télégraphiques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Tongas, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. Prix : 5 francs le volume.

*Les derniers progrès réalisés en télégraphie*, par M. Tongas (1913). — 1 vol. Prix : 1 franc.

*Installations téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Milon, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2e édition. 1913). — 1 vol. Prix : 5 francs.

*Exploitation postale.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Ferrière, chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. Prix : 4 francs le volume.

* *Conférences sur les moteurs thermiques* faites à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Sauvage, Inspecteur général des Mines (1913). — 1 vol. Prix : 1 fr. 25.

*Électricité industrielle.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Maureau, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. Prix : 5 francs.

*Principes d'électricité.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Drouet, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Théorie de la pupinisation et applications pratiques.* — Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, par M. Cahen, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914).— 1 vol. Prix : 1 fr. 50.

*Cours élémentaire pratique de Télégraphie sans fil*, à l'usage du personnel, par M. G. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 4 fr. 50.

*La Technique Télégraphique en France* (ouvrage publié à l'occasion

(1) Ces ouvrages (sauf ceux marqués d'un astérisque) se trouvent dans les bibliothèques départementales.

Digitized by Google

de l'Exposition de San-Francisco), par M. MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1916). — 1 vol. in-8° carré. Prix : 3 fr. 50

En vente à la librairie de l'École des Travaux publics, 3, rue Thénard, Paris, V^e^.

---

*Cours d'électricité théorique* professé à l'École Supérieure (section des élèves-ingénieurs), par M. POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 13 francs.

*De la propagation du courant télégraphique et téléphonique* (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. FLEMING), traduit de l'anglais par M. RAVUT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 12 francs.

*La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple* (*Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das mehrfache Fernsprechen*, par K. Berger); traduit de l'allemand par M. LE NORMAND, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 francs 50.

*Pratique radiotélégraphique* (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par REIN), traduit de l'allemand par M. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

*La Téléphonie automatique*, par M. MILON, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol.

*La Télégraphie en Amérique* (*American Telegraph Practice*, par DONALD MC NICOL); traduit de l'anglais par MM. PICAULT et VIARD, Ingénieurs des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol.

En vente chez M. Gauthier-Villars, éditeur, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^.

---

*Traité de Téléphonie* (extraits de *Telephony*, par ABBOTT); traduit de l'anglais par M. GILLES, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 francs.

*Traité de Téléphonie pratique* (extraits de *American telephone practice*, par KEMPSTER B. MILLER); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

En vente chez M. Albin Michel, éditeur, 22, rue Huyghens, Paris, XIV^e^

---

Digitized by Google

*Les câbles télégraphiques et téléphoniques* (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par STILLE); traduit de l'allemand par MM. PICAULT, Ingénieur, et MONTORIOL, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 25 francs.

En vente chez M. Béranger, éditeur, 15, rue des Saint-Pères, Paris, VI°.

---

## VIENNENT DE PARAITRE :

*Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes*, à l'usage du personnel. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 337 pages. Prix 4 : frs.

*Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels*, à l'usage du personnel. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 140 pages. Prix : 2 fr. 50.

*Instruction sur les circuits combinés et circuits appropriés à la télégraphie et à la téléphonie simultanées*, à l'usage du personnel. — Une plaquette in-16 jésus à l'italienne, 26 pages. Prix : 1 fr. 50.

En vente à la Librairie de l'École des Travaux Publics, 3, rue Thénard, Paris, V°.

---

Digitized by Google

MISSION

# de Fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes aux États-Unis [1]

## Les radiocommunications à grande distance et le réseau transocéanique français [1]

Sommaire. — Vue d'ensemble sur le réseau transocéanique français. But à atteindre. Conditions générales d'établissement.

Idées essentielles sur les radiocommunications à grande distance. Caractéristiques essentielles des radiocommunications à grande distance. L'intensité des signaux à la station de réception. Influence de la longueur d'onde. Les signaux reçus sont extrêmement faibles. L'intensité est très variable. Les signaux parasites. Conclusion.

Conditions d'établissement d'une radiocommunication à grande distance et à grand rendement. Le poste de transmission. Le poste de réception. Modes d'exploitation. Exploitation à trafic réduit. Exploitation à grand rendement. Transmission à grande vitesse. Service en duplex. Résumé. Résultats à attendre d'une radiocommunication à grande distance et à grand rendement. Considérations financières. Prix de premier établissement. Amortissements à prévoir. Frais d'entretien et d'exploitation. Recettes. Résultats financiers probables. Conclusion.

Les grands réseaux radiotélégraphiques et la technique actuelle des radiocommunications à grande distance. Observations d'ordre général. Remarques préliminaires. L'importance du réseau transocéanique des États-Unis. Le choix des emplacements. Divers modes d'exploitation.

Vue d'ensemble sur les procédés utilisés pour la Télégraphie sans fil à grande distance. L'antenne de transmission. Les méthodes de transmission. Méthodes à ondes amorties. Le phénomène de la décharge du condensateur. Excitation de l'antenne. La télégraphie sans fil musicale. Les prodédés de charge du condensateur. Méthodes à ondes entretenues. Etincelles commandées. Arc à haute fréquence. Alternateurs à haute fréquence et multiplicateurs de fréquence. Les méthodes de réception. Principes. Les circuits d'accords. Le détecteur. Réception des ondes

(1) M. l'Ingénieur Bouthillon, Conférences faites à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, les 26 octobre, 9, 16, 23 novembre 1917.

Digitized by Google

amorties. Réception des ondes entretenues. Liaison du détecteur et des circuits de haute fréquence. Appareil récepteur. Amplificateurs. Résumé. Applications des propriétés des lampes à trois électrodes à la réception à grande distance. Utilisation des lampes comme amplificateurs, comme détecteurs, comme générateurs d'ondes entretenues. Montages combinés: détecteur-amplificateur, détecteur-amplificateur multiple, détecteur-amplificateur multiple-générateur. Réalisation technique des montages à lampes et des dispositifs d'accord. Réception auditive et réception enregistrée.

Réseaux à grande distance des compagnies Marconi. Composition. Emplacements. Antennes. Principe de l'antenne Marconi. Antennes et prises de terre pour la réception. Dispositifs pour la réalisation du service en duplex. Stations multiples. Réception. Méthode générale d'exploitation. Postes à étincelles, à courant allernatif et éclateur synchrone. Principe. Circuit de charge. Circuit d'excitation. Radiotransformateur et circuit d'antenne. Manipulation. Postes à étincelles, à courant continu haute tension et éclateur tournant. Principes. Premier mode de réalisation. Emploi de batteries d'accumulateurs. Dispositifs actuels de la station de Glace-Bay. Usine et circuit de charge. Circuits à haute fréquence. Matériel de secours. Troisième mode d'application. Système à étincelles commandées.

Stations de la *Federal Telegraph C°* et de la Marine de Guerre des États-Unis. Stations transpacifiques de la *Federal Telegraph C°*. Station d'Honolulu. Station de South San Francisco. Réseau à grande distance de la Marine américaine. Réseau des États-Unis. Projet panaméricain. Mode d'exploitation. Antennes. Installations radiotélégraphiques. Transmetteurs à arc de la *Federal Telegraph C°*. Divers types d'appareils. Génératrice à courant continu. Convertisseurs à arc. Sels d'antennes et commutateurs d'ondes. Manipulation. Postes à étincelles de la station d'Arlington.

Stations à grande distance des systèmes Telefunken. Postes à étincelles. Station de Funabashi. Antenne. Prise de terre. Postes à étincelles. Principe. Description. Poste à ondes entretenues de la Société Telefunken. Description de la station de Sayville. Antenne. Contre-poids. Réception. Poste de transmission. Principes. Longueurs d'onde employées. Principe des multiplicateurs statiques de fréquence. Description. Energie émise. Rendement.

Stations de grande puissance du système Goldschmidt. Description. Manipulation. Poste à arc. Réception. Procédés Alexanderson. Antenne multiple. Alternateurs Alexanderson. A axe flexible et à axe rigide. Amplificateur magnétique. Manipulation. Téléphonie. Manipulation à grande vitesse. Télégraphie sans fil multiple.

Conclusions. Le matériel d'émission. Oscillations entretenues et oscillations amorties. Les diverses méthodes d'émission. Arc à haute fréquence. Etincelles commandées. — Alternateurs à haute fréquence. Alternateur Alexanderson. Multiplicateurs statiques de fréquence. — Alternateur Goldschmidt. Quelques progrès qui s'annoncent. La téléphonie sans fil. Les conditions de la téléphonie sans fil. Téléphonie sans fil et signaux parasites. La direction des ondes. L'élimination des parasites. Esquisse du réseau transocéanique français. Organisation d'ensemble. Conditions techniques à remplir. Organisation des stations. Stations multiples. Le rôle de la France dans le développement de la télégraphie sans fil.

Digitized by Google

## INTRODUCTION

Le Service de la télégraphie sans fil de l'Administration des Postes et Télégraphes a proposé pour la première fois en 1908, c'est-à-dire dès que furent connus les résultats d'exploitation des premières stations transatlantiques Marconi de Clifden et Glace-Bay, et demandé à nouveau depuis en de nombreuses occasions l'établissement d'une radiocommunication entre la France et les États-Unis d'Amérique. L'administration est maintenant résolue à exécuter ce travail important.

Elle procède en même temps (rapport du Ministre du Commerce au Président du Conseil sur la réorganisation du Service des Postes, Télégraphes et Téléphones, 1er septembre 1917) aux études nécessaires pour la création et l'exploitation des réseaux transocéaniques nécessaires à l'acheminement des télégrammes par voie française, sur toute la surface de la terre. Dans le but de posséder les renseignements utiles, elle avait prescrit à sa Mission aux États-Unis une enquête documentaire sur l'état actuel de la question des radiocommunications à grande distance dans ce pays. Ce sont les résultats de ces recherches que j'apporte ici en insistant tout particulièrement sur les questions soulevées par l'étude de l'établissement des grands réseaux français projetés.

## VUE D'ENSEMBLE SUR LE RÉSEAU TRANSOCÉANIQUE FRANÇAIS. BUT A ATTEINDRE

Pour nous guider dans le cours de notre étude, il est nécessaire de nous faire, dès le début, une idée du but à atteindre et des conditions à réaliser pour donner à cette vaste entreprise sa pleine efficacité.

Le rôle essentiel du réseau transocéanique est d'assurer l'indépendance de la France au point de vue de ses communications avec l'étranger. Actuellement, en effet, notre pays n'est relié

Digitized by Google

télégraphiquement par voie française qu'avec l'Afrique du Nord, l'Afrique occidentale et équatoriale, l'Amérique du Nord et l'Amérique centrale. Avec tous les autres pays les communications télégraphiques ne peuvent être obtenues que par l'intermédiaire de l'étranger. Il y a là une situation dépendante dont la télégraphie sans fil permet de s'affranchir.

Même avec les nations reliées à nous par câbles sous-marins, la France a le plus grand intérêt, soit pour parer à un accident possible des liaisons ainsi établies, soit pour aider leur trafic, à créer des relations radiotélégraphiques. Les services importants qu'ont rendus à l'Allemagne, pendant la guerre actuelle, les radiocommunications à grande distance prouvent qu'on ne saurait estimer trop haut l'importance de ce point de vue.

En plus des relations internationales, et quoique l'importance de ce deuxième objet soit moindre que celle du précédent, le réseau transocéanique réunira les différentes parties de l'empire colonial français entre elles et la métropole.

A l'intérêt politique du projet s'ajoute d'ailleurs une grande importance commerciale ; il a pour but de créer des voies françaises pour l'acheminement des télégrammes dans le monde entier. Là sera certainement la plus grande part du rendement, et c'est par là seulement qu'on peut espérer en rendre l'exploitation rémunératrice.

### CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT.

Un coup d'œil sur la carte suffit pour apercevoir les conditions générales d'établissement d'un tel réseau (fig. 1). Un centre radiotélégraphique établi en France et comportant une ou plusieurs stations d'une portée de 6 à 7.000 kilomètres pourrait assurer la communication directe, sans retransmission, avec les Etats-Unis, l'Amérique centrale (Martinique), l'Amérique du Sud (Pernanbuco) et l'Afrique occidentale. Deux stations du même genre suffiraient pour relier l'Argentine et Dakar. Le centre radiotélégraphique français atteindrait d'autre part Djibouti, puis, par de nouveaux bonds de 7.000 kilomètres environ, Saïgon, Nouméa et enfin

Digitized by Google

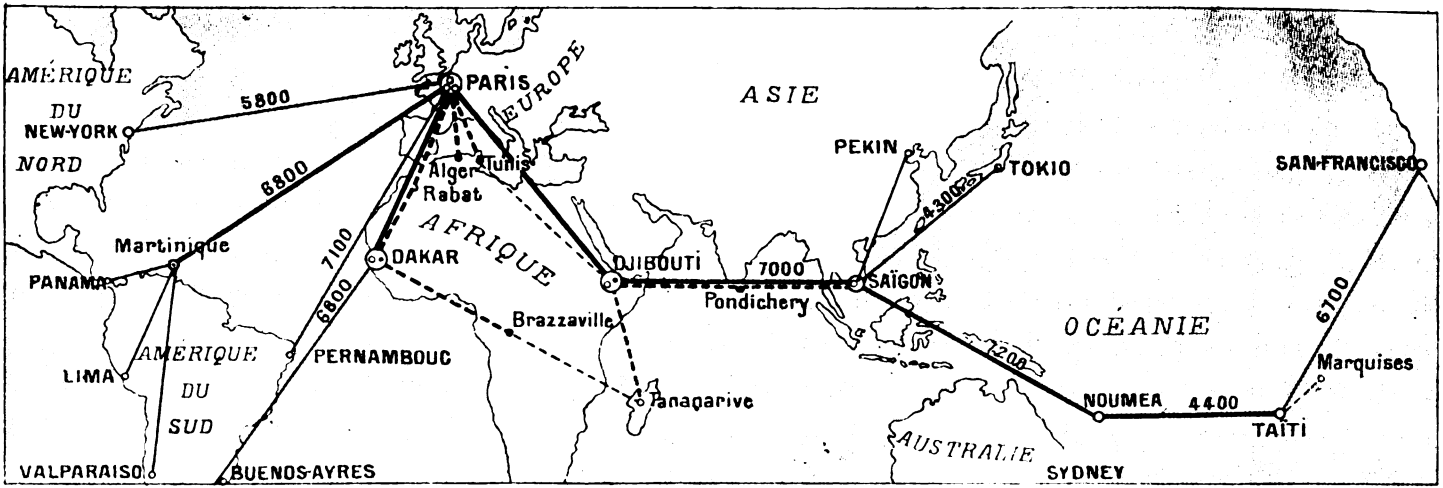



Fig. 1. — Esquisse d'un réseau de radiocommunications transocéaniques françaises.

Ligne principale.
Communications internationales.
Communications intercoloniales.
Communications de secours.

Digitized by Google

Tahiti. Saïgon étant d'ailleurs capable de communiquer avec la Chine, le Japon, les Indes, l'Australie ; Taïti pouvant atteindre les îles de la Polynésie et San Francisco, les liaisons de la France avec l'Extrême-Orient seraient assurées.

On voit qu'un réseau de stations de 7.000 kilomètres de portée suffit pour l'établissement des radiocommunications de la France avec l'univers entier. Cette portée est d'ailleurs nécessaire dans le cas des communications France-Amérique ; Saïgon-Nouvelle-Calédonie ; Taïti-San Francisco, pour lesquelles aucun relais n'est possible sur territoire français. Une station de portée restreinte sera installée aux Indes françaises, par exemple à Pondichéry ; mais les conditions locales ne permettant pas de la construire de telle sorte qu'elle puisse travailler en toutes circonstances, la liaison directe Djibouti-Saïgon doit être envisagée.

Des stations de portée restreinte sont également prévues au Maroc, en Tunisie, en Algérie, au Congo, à Madagascar, pour assurer les relations intercoloniales.

Abstraction faite de cette catégorie moins importante, la portée normale à prévoir pour les stations transocéaniques est donc de l'ordre de 7.000 kilomètres.

J'étudierai à la lumière des données nouvelles qui ont pu être recueillies, en particulier au cours de la mission en Amérique, les conditions d'établissement, les caractéristiques de telles stations et l'aspect financier du problème. Ce sera l'objet de la première partie de cette étude.

La deuxième partie sera consacrée à l'examen technique des radiocommunications à grande distance actuellement réalisées.

Enfin, dans une troisième partie, je tirerai les conclusions. A la lumière des constatations faites, je chercherai à dégager de l'examen du présent quelques vues d'avenir, et à préciser quelques-unes des conditions qui semblent indiquées pour l'établissement des grands réseaux français.

Digitized by Google

CHAPITRE PREMIER

# IDÉES ESSENTIELLES SUR LES RADIOCOMMUNICATIONS A GRANDE DISTANCE

## 1° CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES RADIOCOMMUNICATIONS A GRANDE DISTANCE

### I. L'INTENSITÉ DES SIGNAUX A LA STATION DE RÉCEPTION

Supposons donc que nous ayons à établir un projet de liaison radiotélégraphique entre deux points de la surface de la terre distants de plusieurs milliers de kilomètres, et pour concrétiser le problème, prenons pour correspondants deux postes situés l'un en Europe, l'autre sur la rive Atlantique de l'Amérique du Nord. La première question qui se pose est évidemment la suivante : la station d'émission ayant à sa disposition par exemple 200 kilowatts, quelle portion de l'énergie dépensée sera captée par l'antenne de réception ?

Malgré un grand nombre de travaux intéressants, la théorie de la propagation des ondes électromagnétiques le long de la surface de la terre ne donne encore aucune réponse précise. Le seul renseignement sûr qu'elle fournisse s'applique à la condition de supposer vérifiées les hypothèses suivantes : que l'atmosphère est un diélectrique parfait ; que le sol n'oppose aucune résistance au passage des courants ; que la surface de la terre est plane.

Dans ces conditions, si l'on appelle

$n$ la fréquence du courant qui traverse l'antenne d'émission ;

$I_e$ l'intensité à la base de cette antenne ;

$h_e$ la hauteur efficace de cette antenne, égale au produit de la

Digitized by Google

hauteur réelle par un coefficient, inférieur à l'unité, et dont la valeur dépend de la répartition du courant le long de l'antenne ;

$d$ la distance des stations

$\lambda$ la longueur d'onde de l'oscillation, liée à la fréquence $n$ par la relation

$$\lambda = \frac{\Omega}{n}$$

$\Omega$ étant la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air, vitesse égale à celle de la lumière ;

$I_r$ l'intensité du courant à la base de l'antenne de réception ;

$h_r$ la hauteur efficace de cette antenne ;

R la résistance apparente totale de l'antenne de réception ;

Ces grandeurs satisfont à la résolution suivante :

$$I_r = 377 \frac{h_e h_r}{R \lambda d} I_e$$

De cette formule nous retiendrons :

Que la résistance des antennes étant supposée constante, l'intensité reçue est proportionnelle à la hauteur de l'antenne de transmission et au courant dans cette antenne, ou ce qui revient au même, l'énergie est proportionnelle au carré de la hauteur de l'antenne et au carré de l'intensité dans l'antenne ; ou enfin, l'énergie reçue est proportionnelle à la hauteur de l'antenne et à l'énergie dans l'antenne d'émission.

La formule ci-dessus nous indiquerait encore que, toutes choses égales d'ailleurs, l'énergie rayonnée est inversement proportionnelle à la longueur d'onde, et donc, qu'il y aurait intérêt à diminuer celle-ci autant que possible ; elle donnerait également la valeur du courant dans l'antenne de réception.

Si les hypothèses énumérées plus haut étaient vérifiées pour la distance de 6650 kilomètres qui sépare le poste allemand installé à Nauen (en admettant pour la poste de Nauen $h_e = 150$ m., $I_e = 150$ ampères ; $\lambda = 12500$ mètres ; $d = 6650$ kilomètres) de son correspondant américain, l'intensité dans une antenne de réception de 30 mètres de hauteur efficace et 12 ohms de résis-

Digitized by Google

tance installée à Sayville, serait 25 microampères et la puissance utilisable dans les appareils de réception serait 0,0075 microwatts. Cette énergie déjà bien inférieure au milliwatt nécessaire pour le fonctionnement d'un Morse, serait beaucoup plus grande qu'il n'est nécessaire pour la réception radiotélégraphique.

Mais pour des distances aussi grandes, nous ne pouvons admettre ni que le sol ne présente aucune résistance, ni que l'atmosphère est un diélectrique parfait ; elle dévie les rayons électromagnétiques à la façon dont un prisme dévie les rayons lumineux ; ni que la surface de la terre est plane : notre planète est si petite que l'obstacle dressé entre les deux stations du fait de sa convexité n'a pas moins de 900 kilomètres de hauteur. Toutes ces circonstances ont sur la propagation une influence considérable que la théorie ne permet pas de prévoir

## INFLUENCE DE LA LONGUEUR D'ONDE

Tout d'abord, il existe pour chaque distance à franchir et pour chaque état de l'atmosphère, une longueur d'onde optima, d'autant plus grande que la distance à franchir devient plus considérable. Et cela explique qu'à mesure que les distances augmentaient, les ondes utilisées sont progressivement devenues plus longues. On est parti de 100 mètres avec les premières expériences de Marconi ; on en est maintenant à 10000 mètres et tout fait supposer que les ondes s'allongeront encore. M. Duddell a proposé de faire des essais avec des ondes de 30 kilomètres, et j'ai, moi-même en 1912, saisi l'Administration d'un programme d'expériences comportant l'emploi d'ondes de 300 kilomètres de longueur. Les expériences quantitatives faites jusqu'ici ont confirmé les résultats de la pratique. Il existe, pour les circonstances atmosphériques moyennes, une longueur d'onde optima, qui varie comme le carré de la distance à franchir suivant la courbe fig.

On voit que, pour les distances de 4.000, 5.000, 6.000 kilomètres, les longueurs d'onde indiquées seraient 9.000, 14.000 et 20.000 mètres.



Digitized by Google

### INTENSITÉ DE LA RÉCEPTION

En second lieu, l'intensité de réception est beaucoup moins grande que ne le fait prévoir la formule ci-dessus.

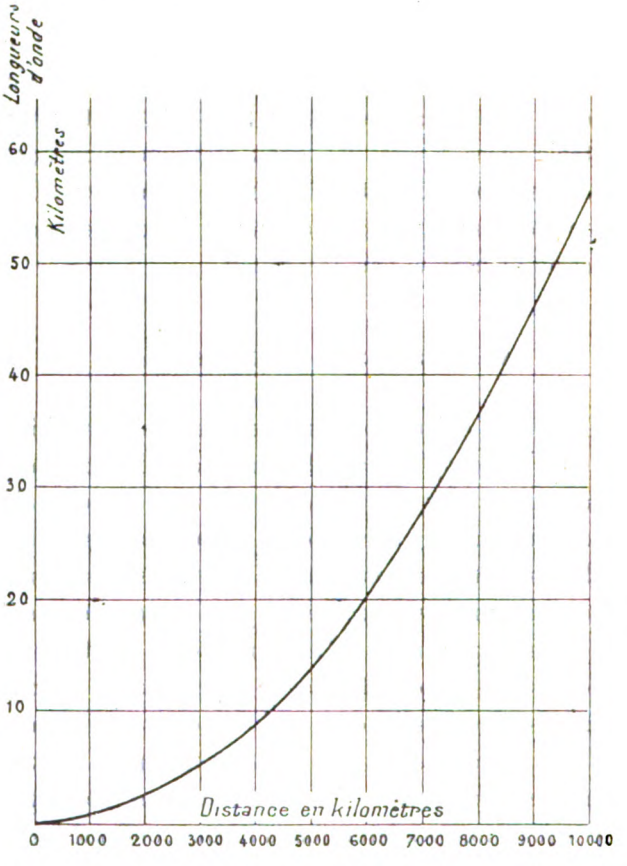



Fig. 2. — Longueur d'onde optima en fonction de la distance (d'après la formule d'Austin-Cohen).

Précisément, pour les cas des radiocommunications transatlantiques, le Dr L. W. Austin, Directeur du Laboratoire radiotélégraphique de la Marine américaine au Bureau of Standards (Washington) a bien voulu nous communiquer les résultats d'une

Digitized by Google

très intéressante série d'essais de réception pendant lesquels fut enregistrée, jour par jour, du 1er janvier au 1er juillet 1916, l'intensité des signaux des stations de Nauen et Eilvese, qui, avec leurs correspondants américains de Sayville et Tuckerton, ont assuré pendant 2 ans et demi, les relations radiotélégraphiques entre l'Allemagne et les États-Unis.

Nous reviendrons plus tard sur les descriptions détaillées du réseau transatlantique allemand ; mais puisque nous prenons comme exemples les deux stations de Nauen et Eilvese, il est utile, pour fixer les idées, d'en donner dès maintenant les principales caractéristiques.

La station d'Eilvese est établie près de Hanovre, dans un terrain plat ; le but ostensible de sa construction, en 1913-1914, était la démonstration de la valeur de l'alternateur à haute fréquence Goldschmidt. Elle comporte une antenne en parapluie supportée par un pylône de 250 mètres de hauteur, le plus élévé du monde après la Tour Eiffel, soutenu par des haubans.

L'énergie est fournie par une machine à vapeur de 400 chevaux, fournissant le courant nécessaire pour l'entraînement d'un alternateur Goldschmidt à haute fréquence donnant 100 kilowatts et une fréquence d'environ 40.000.

Nous examinerons plus loin les détails de cette machine.

La station de Nauen, construite près de Berlin dans une plaine humide où la prise de terre peut être excellente, comporte une antenne en T supportée par un pylône central de 250 mètres de haut, et une série de pylônes moins élevés.

Un alternateur de 250 kilowatts fournit de l'énergie sous forme de courant à 8.000 périodes. La fréquence de ce courant est élevée à la valeur convenable par une série de transformateurs statiques du type Maurice Joly. L'antenne absorberait 100 kilowatts. La station comporte en outre une installation à étincelles, du système Telefunken, à laquelle l'énergie est fournie par un alternateur de 250 KVA 500 périodes.

Digitized by Google

### LES SIGNAUX REÇUS SONT EXTRÊMEMENT FAIBLES

Les observations d'Austin ont presque toutes été faites à des moments où le trajet entier compris entre les deux stations était éclairé. Elles mettent en lumière un certain nombre de faits importants.

D'abord l'intensité est beaucoup plus faible que les chiffres théoriques que nous avons trouvés ci-dessus. Dans les expériences faites, elle ne dépasse pas 8 microampères et tombe jusqu'à 1/10 microampère. L'énergie utilisable à la réception varie de $6 \times 10^{-11}$ watt à $12 \times 10^{-14}$ watts.

### L'INTENSITÉ DES SIGNAUX EST TRÈS VARIABLE

Cette énergie si faible est de plus extrêmement variable.

Elle varie avec la saison ; beaucoup plus forte en avril et mai ($2,24 \times 10^{-6}$ amp.) que pendant l'hiver ($1,04 \times 10^{-6}$ amp.) elle subit une chute marquée en juin ($0,62 \times 10^{-6}$ amp.). Cette baisse se prolonge jusqu'en août ; puis les signaux redeviennent plus intenses (fig. 2 *bis*).

Elle varie avec l'heure du jour, avec un minimum marqué d'intensité quand la route que parcourent les signaux est en partie éclairée et en partie dans l'obscurité (fig. 3).

Les signaux atteignent, à ce moment, très probablement des valeurs inférieures à 1/10 microampère.

Enfin, on observe des variations instantanées des signaux extrêmement importantes, d'un moment à l'autre, qui peuvent faire varier leur intensité dans le rapport de 1 à 100. Ces variations sont encore plus fréquentes et plus importantes la nuit.

En résumé, signaux d'intensité très variables, suivant la saison, suivant l'heure du jour et même d'un instant à l'autre. Énergie d'ailleurs très faible, puisque, étant en moyenne de 3 millièmes de microwatts, elle est, à certains moments, inférieure à un dix-millionième du microwatt.

Digitized by Google

La petitesse de ces chiffres apparaîtra immédiatement si on les compare à la puissance reçue, dans une conversation ordinaire,

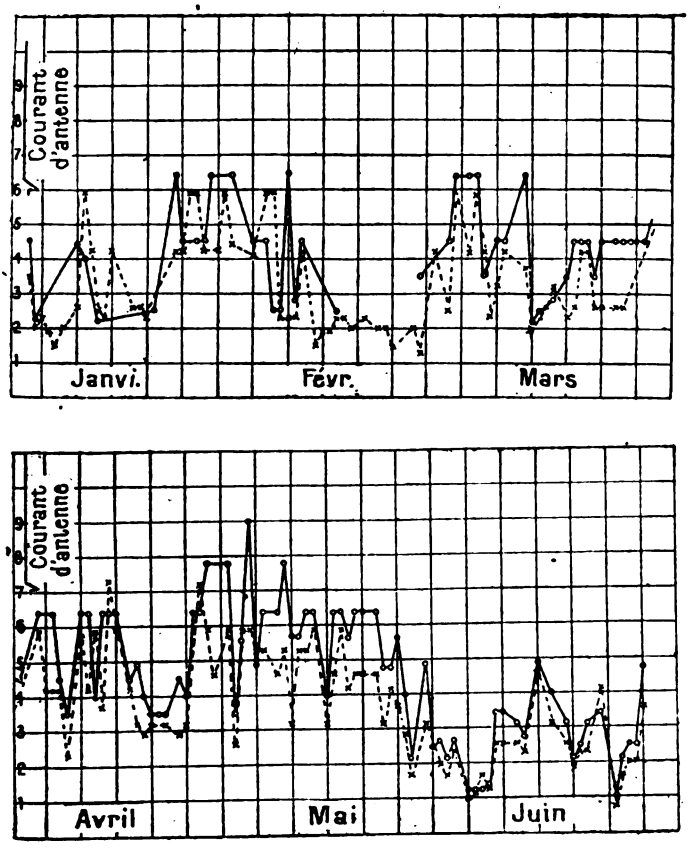



Fig. 2 *bis*. — Variation de l'intensité des signaux reçus à Washington de Nauen et d'Eilvese, du 1er janvier au 31 mars et du 1er avril au 30 juin 1916.

Nauen x $\lambda = 12.500$ m. Eilvese o $\lambda = 9.800$ m.

Unité de courant $= 1 \times 10^{-7}$ ampères.

par cet instrument d'exquise sensibilité qu'est le récepteur téléphonique, soit environ un microwatt.

Digitized by Google

CONSEQUENCES DE LA PETITESSE DE L'INTENSITÉ REÇUE

Quelque faible que soit cette intensité, quelque gênantes que soient ses incessantes variations, l'exploitation pourrait parfaitement s'en accommoder par suite du merveilleux progrès qu'a été, pour les radiocommunications, l'invention récente des amplifica-

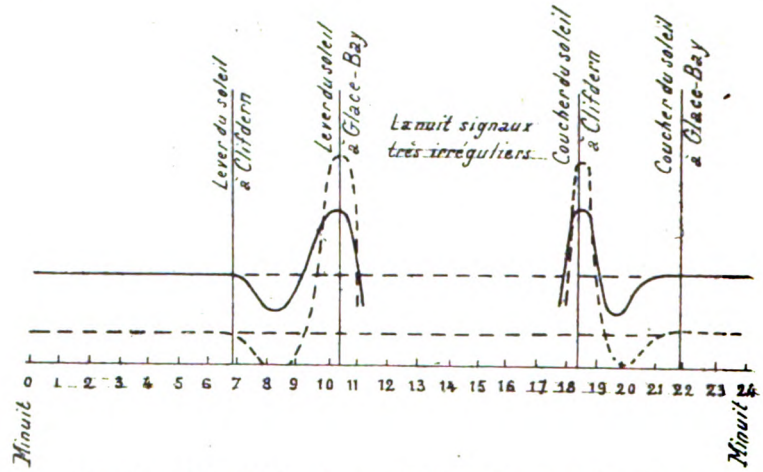



Fig. 3. — Intensité des signaux de Glace-Bay reçus à Clifdern.

– – – – – – – Longueur d'onde 5.000 m.

——————— Longueur d'onde 8.000 m.

teurs qui permettent, très simplement, de multiplier par dix, par cent, par mille l'énergie reçue ; plusieurs instruments pouvant d'ailleurs être mis en série si un seul ne suffit pas.

Alors que la puissance dans l'antenne de réception nécessaire pour produire un signal audible dans le téléphone de l'opérateur était, en 1912, 25 dix-millièmes de watts, elle est maintenant de l'ordre de 1/1000 de millionième de microwatt, en employant un seul récepteur à lampe. On voit donc que des signaux de l'intensité de ceux qui arrivent actuellement en Amérique, en provenance des stations européennes, pourraient être parfaitement reçus. Il serait possible également de régler le degré d'amplification suivant les variations d'intensité, de façon à enregistrer finalement des signaux approximativement constants.

Digitized by Google

## II. LES SIGNAUX PARASITES

Mais la télégraphie sans fil a un autre ennemi beaucoup plus gênant que la faiblesse et l'inconstance de l'énergie reçue.

Pour concrétiser, considérons un mode particulier de réception, celui qui est d'ailleurs le plus employé : l'opérateur de télégraphie sans fil perçoit les signaux au moyen d'un récepteur téléphonique sous forme de sons plus ou moins longs ; la station d'émission crie dans le téléphone les communications à recevoir. Mais il y a beaucoup d'autres voix qui crient en même temps. Les stations rapprochées et celles dont les caractéristiques sont voisines de celles du correspondant sont entendues comme lui ; on évite cet inconvénient en différenciant suffisamment les longueurs d'onde. Toutes les variations de l'état électromagnétique du sol ou de l'atmosphère, au voisinage ou même à grande distance du poste de réception, les orages, les mouvements des corpuscules électrisés dans la haute atmosphère engendrent dans l'antenne des courants électriques qui crient eux aussi dans le téléphone, et souvent beaucoup plus fort que les émissions utiles. Quand l'intensité des parasites n'est que 500 fois plus grande que celle des signaux et que ceux-ci sont suffisamment musicaux, il est encore possible, grâce au merveilleux instrument de sélection qu'est l'oreille humaine et quoique difficilement, de lire à travers les parasites ; mais ceux-ci sont souvent beaucoup plus forts encore et produisent dans le téléphone une cacophonie à travers laquelle il est impossible de rien déchiffrer. Les amplificateurs, ainsi que les nouvelles méthodes de réception des ondes entretenues augmentent d'autant moins l'intensité que les signaux sont plus faibles ; mais ce progrès, d'ailleurs très intéressant, et les dispositifs essayés ou utilisés pour atténuer les parasites ne sont jusqu'ici que des palliatifs insuffisants : ils n'empêchent pas les signaux vagabonds de crier dans le téléphone, souvent plus fort que les signaux utiles, et d'empêcher dans certains cas toute réception. De sorte qu'en somme, il n'existe actuellement qu'un seul remède : émettre à la station de transmission des ondes

Digitized by Google

suffisamment intenses pour qu'elles crient dans le téléphone récepteur plus fort que les parasites.

La situation n'est d'ailleurs pas la même en tous les points de la surface de la terre. Les côtes américaines de l'Océan Pacifique, où les gens de vingt ans ne se souviennent pas d'avoir jamais vu un orage, sont particulièrement calmes. Au contraire, la côte est des États-Unis, où les orages sont quotidiens, où se forment les dépressions atmosphériques qui viennent ensuite déferler sur l'Europe à travers l'Atlantique est beaucoup plus infestée de parasites que les rivages de France et d'Angleterre, de sorte que les radiocommunications transatlantiques sont plus faciles dans le sens Ouest-Est, allant d'Amérique en Europe, que dans le sens opposé : par exemple, de deux stations correspondantes situées l'une en Europe, l'autre en Amérique, la deuxième a pu envoyer pendant une semaine particulièrement troublée 40.000 mots, tandis que la première, quoiqu'un peu plus puissante, n'a pu faire recevoir par son correspondant américain que 18.000 mots. Le correspondant français d'une station américaine de 200 kilowatts devra disposer, par exemple, d'une puissance de 500 kilowatts, si l'on veut que les communications soient également faciles dans les deux sens.

## III. RÉSUMÉ. CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DES RADIOCOMMUNICATIONS A GRANDE DISTANCE

En résumé les deux facteurs, intensité et caractéristiques des signaux utiles; intensité, fréquence et caractéristiques des parasites, se combinent pour affecter le résultat final, qui est la lisibilité des signaux. Ces facteurs étant très variables, suivant la saison, suivant l'heure du jour, et même de moment en moment, il en sera de même de la lisibilité.

Celle-ci est en général meilleure le jour que la nuit. Elle est particulièrement mauvaise quand il fait jour à l'une des stations et nuit à l'autre; elle est meilleure dans les mois d'hiver que pendant l'été.

Digitized by Google

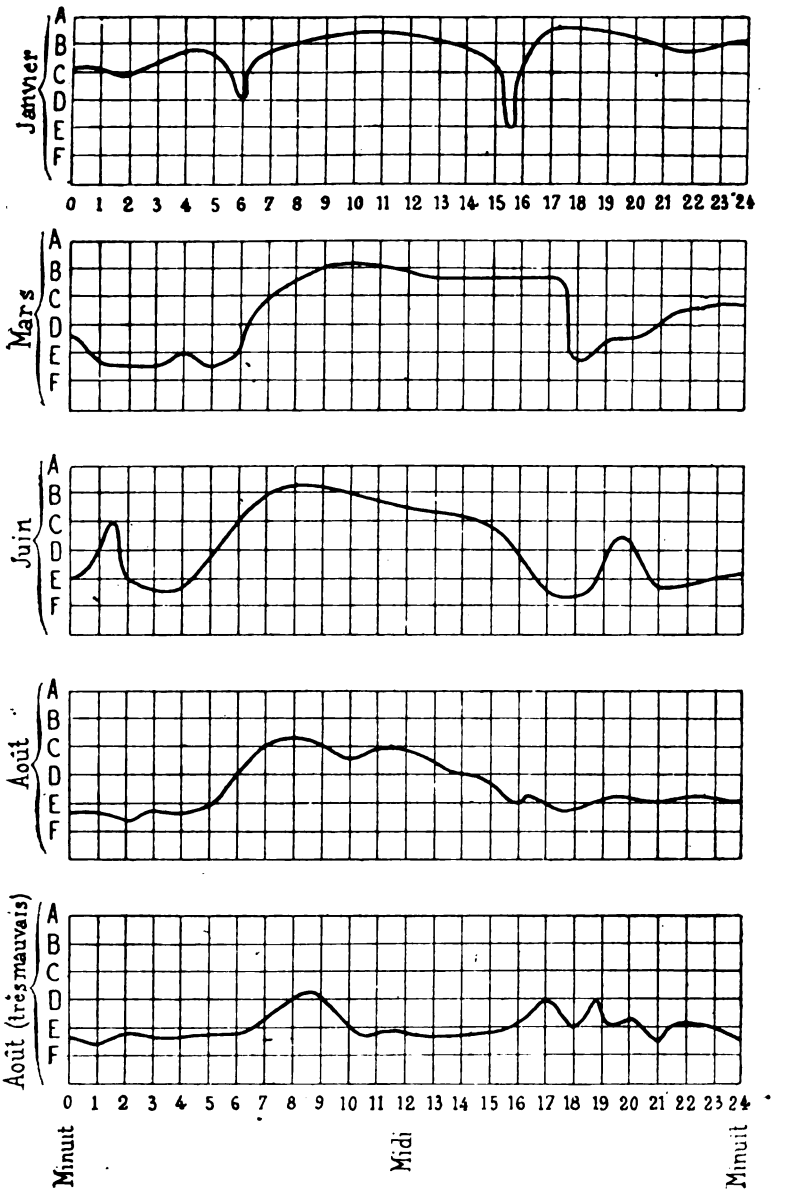



Fig. 4. — Courbes journalières de lisibilité des signaux dans une station transatlantique américaine.

A. Signaux très forts. — B. Signaux très lisibles. — C. Signaux lisibles. — D. Signaux presque illisibles. — E. Signaux illisibles.

Digitized by Google

Les courbes fig. 4, qui représentent la lisibilité dans une station américaine, à certains jours de l'année, illustrent les affirmations qui précèdent.

L'un des résultats de cette analyse est que, suivant les circonstances atmosphériques, la portée d'une station varie dans des limites extrêmement étendues, et qu'il y a lieu de bien préciser quand on parle de la portée d'une station, de dire s'il s'agit de la portée record, qu'on obtient dans les circonstances favorables ; de la portée moyenne; ou de la portée minima, réalisée dans tous les cas; celle-ci est souvent petite même avec des puissances relativement grandes.

Et réciproquement, la puissance nécessaire pour atteindre une station donnée, à partir d'un point déterminé, est extrêmement variable. On a pu, dans certaines circonstances, en partant de San-Francisco, atteindre Honolulu, à une distance de 3.700 kilomètres avec une puissance de 5 kw. En d'autres temps 300 kw. n'ont pas suffi.

## 2° CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT D'UNE RADIOCOMMUNICATION A GRANDE DISTANCE ET A GRAND RENDEMENT

A la lumière des explications précédentes, il est facile de comprendre la situation actuelle de la télégraphie à grande distance, en comprenant sous cette dénomination des portées de 5 à 8.000 kilomètres. C'est le cas des transmissions transatlantiques entre les États-Unis et l'Europe occidentale, moins l'Angleterre ; entre la France et les Antilles ou le Brésil, entre les Iles Sandwich et le Japon, entre les Iles Sandwich et les Philippines. Toutes les stations actuellement affectées à ces services ont des antennes dont les hauteurs varient de 130 à 250 mètres, et exigent des puissances qui varient de 200 à 400 kilowatts.

Actuellement, toutes les stations européennes transatlantiques sont insuffisantes; l'énergie qu'elles rayonnent, surabondante dans les périodes de calme ou de bonne propagation, n'arrive

Digitized by Google

pas à percer les parasites intenses, qui coïncident pendant l'été, avec les époques de faible intensité.

Il n'arrive jamais qu'une station européenne ne puisse rien transmettre, pendant une journée entière, à son correspondant américain ; mais il arrive souvent durant les trois mois d'été, que toute communication est impossible pendant des séries d'heures consécutives.

## Le poste de transmission.

Et si l'on songe à l'intensité relative des parasites et des émissions utiles, les premiers étant souvent 1.000 fois plus forts que les seconds, on se rendra compte que ce n'est pas en augmentant l'énergie de 50 kilowatts, comme on l'a fait jusqu'ici chaque fois qu'il s'est agi de construire une nouvelle station à grande distance, ou en augmentant de 50 mètres la hauteur des pylônes qu'on améliorera sérieusement la situation.

Supposons en effet qu'une station de 200 kilowatts et de 150 mètres de hauteur d'antenne donne à la réception un signal d'intensité 1 incapable de percer un parasite d'intensité 1.000, une station de 400 kilowatts et de 150 mètres de hauteur d'antenne donnera un signal d'intensité $\sqrt{2}$, dont le rapport à l'intensité du parasite est de $\frac{\sqrt{2}}{1000}$ et la situation n'est pas améliorée sensiblement.

Il est donc certain qu'on n'arrivera à un progrès sensible qu'en utilisant à la fois, dans toute leur puissance, tous les moyens techniques dont on peut actuellement disposer. Or, il est actuellement possible des construire des pylônes de 600 mètres de hauteur, supportant des antennes excitées par des stations empruntantau réseau 1.200 kilowatts de puissance.

Une telle station, comparée à celle de 200 kilowatts de puissance et 150 mètres de hauteur d'antenne, donnerait à la réception un signal d'intensité $\sqrt{\frac{1200}{200}} \times \frac{600}{150} = 4 \times \sqrt{6} = 10$, dont le rapport à l'intensité du parasite sera $\frac{10}{1000} = \frac{1}{100}$. On sera

Digitized by Google

passé franchement dans les valeurs de ce rapport telles que les signaux seront lisibles à travers les parasites. Tout ne sera pas encore parfait : la réception auditive, à la vitesse du Morse, sera seule possible dans les moments troublés ; mais elle le sera probablement dans toutes les conditions, et un progrès considérable sur l'état actuel sera réalisé.

Le poste d'émission devra donc disposer d'une puissance considérable.

Il y a quelques années, un professeur éminent de l'École supérieure d'Électricité comparant les millions de kilowatts que transportent les distributions d'énergie aux milliwatts qui se propagent sur les lignes télégraphiques traitait dédaigneusement la télégraphie de petite électricité. Les radiocommunications à grande distance nous font rentrer dans le domaine de la grande électricité.

Pour rayonner suffisamment d'énergie aux grandes longueurs d'onde employées, l'antenne devra être très élevée ; pour pouvoir emmagasiner suffisamment d'énergie sans exiger des tensions trop hautes, elle devra posséder une capacité importante. En pratique, on réalisera ces deux conditions en supportant par des pylônes de vastes réseaux de fils conducteurs, à peu près horizontaux, à une grande hauteur au-dessus du sol. En outre de l'antenne, le poste d'émission comprendra une vaste usine.

Il comportera, pour la puissance de 1.000 à 1.500 kilowatts dont nous avons parlé, s'il n'est pas alimenté par un réseau de distribution, une usine génératrice, avec moteurs mécaniques à vapeur ou autres de 1.500 à 2.000 chevaux, et dynamos, chargées de fournir l'énergie électrique ; il sera muni d'un puissant matériel radiotélégraphique nécessaire pour l'émission, par l'antenne, d'une énergie électromagnétique de plusieurs centaines de kilowatts, et les rechanges nécessaires pour un service continu.

Le personnel devra comporter plusieurs spécialités . chauffeurs, mécaniciens pour la conduite des moteurs mécaniques et des machines électriques, ouvriers pour l'entretien du matériel et des antennes. Soit, en tout, une trentaine de personnes.

Digitized by Google

Dans une station de cette importance, une nouvelle question se pose, celle du rendement. Nous le définirons le rapport de l'énergie rayonnée par l'antenne à l'énergie empruntée au réseau de distribution ou à la source d'énergie de la station d'émission. Il importe peu dans un petit poste de dépenser 100 watts au lieu de 200: l'énergie nécessaire pour le seul éclairage de la station dépasse celle que dépensent les appareils radiotélégraphiques.

Il n'en est pas de même des grandes stations, où il est très intéressant de ne dépenser que 800 kilowatts au lieu de 1.200. Au prix très réduit de 8 centimes le kilowatt-heure, et pour un service journalier de manipulation de 10 heures seulement, ou, en comptant les espaces égaux en moyenne aux signes, cinq heures de traits continus, l'économie de 400 kilowatts réalisée correspondrait pour l'année entière à 66.000 fr. Pour un travail continu de 24 heures, l'économie serait de 158.000 fr. On voit toute l'importance de la question du rendement.

## Le poste de réception.

Si à la transmission, il est nécessaire de faire grand, il n'en est pas de même à la réception. Ce qui importe, là, en effet, ce n'est pas tant de recevoir fort, que de recevoir assez fort pour que la lecture des signaux à travers les parasites soit possible, et nous avons vu que c'est la station de transmission qui est chargée du rôle de crier fort. Des antennes de réception très élevées augmenteraient l'intensité des signaux utiles; mais elles amplifieraient autant les signaux perturbateurs et ne procureraient aucun avantage. La station réceptrice comportera donc des antennes relativement basses; elle possédera les amplificateurs nécessaires pour amener l'intensité reçue à une valeur qui permette, suivant les cas, soit la réception auditive, soit l'enregistrement des signaux. Elle utilisera évidemment tous les moyens techniques qui peuvent diminuer l'intensité des parasites par rapport à celle des signaux : réception hétérodyne, dispositifs à lampes, montages à deux détecteurs opposés, antennes dirigées avec réception nulle de la direction d'où viennent les parasites

Digitized by Google

les plus intenses, etc. Elle sera donc, en général, si l'on veut, ce qui aura une répercussion très heureuse sur le volume du trafic, obtenir les meilleurs résultats, munie d'un matériel de précision, dont les réglages sont extrêmement délicats. Le flair bien connu du radiotélégraphiste, qui connaît tous les détours de son installation, et qui, de même que les matelots prévoit les orages, est habitué aux vicissitudes de l'intensité des signaux et de la force des parasites, aura une extrême importance. Le personnel radiotélégraphiste sera d'ailleurs de deux sortes : l'une devra posséder, pour la réception au son, une grande acuité et une souplesse auditive extrême pour pouvoir débrouiller les signaux utiles au milieu de toutes les voix qui crient dans le téléphone; l'autre devra posséder l'habitude des réglages de précision, la connaissance parfaite des appareils et des montages ; et comme il est souvent difficile de demander toutes ces qualités aux mêmes individus, il y aura intérêt, dans les très grandes stations, à prévoir pour la réception, deux catégories de personnel : l'une affectée à la lecture auditive, l'autre, qui pourra être moins nombreuse, chargée des réglages. Il y aura lieu d'y ajouter un troisième groupe, chargé des liaisons télégraphiques avec le réseau intérieur, ainsi que les mécaniciens et ouvriers chargés de l'entretien du poste, des antennes, et des lignes télégraphiques, de la conduite des moteurs et des dynamos qui fournissent l'énergie électrique et la lumière aux différentes parties de l'installation. En tout, une trentaine de personnes affectées à la partie réception.

Ainsi, trente personnes à la transmission, trente personnes à la réception, c'est un personnel important, qui sera souvent, à cause de l'immensité des antennes et des conditions techniques imposées à l'emplacement, à grande distance des agglomérations de quelque importance. Il est donc nécessaire de prévoir dans la plupart des cas le logement du personnel, sa nourriture, et, ce qui est aussi important que le logement et la nourriture, son confort et sa distraction aux heures de loisirs. Aussi, les stations américaines les plus importantes comprennent-elles, le tennis, le club où l'on trouve le billard, les journaux, les magazines. En France, il faudra y ajouter la bibliothèque.

Digitized by Google

## 3° MODES D'EXPLOITATION

Il résulte des considérations précédentes que, avec les stations existantes, la réception auditive à la vitesse du Morse, 20 mots environ par minute, n'est pas possible actuellement en toutes circonstances; mais elle peut l'être probablement si l'on emploie des moyens techniques suffisants, moyens techniques qui existent d'ailleurs à l'heure actuelle ; l'énergie sera, quand les circonstances seront favorables, extrêmement surabondante. Ces caractéristiques des radiocommunications en déterminent les modes possibles d'exploitation.

### 1° EXPLOITATION A TRAFIC RÉDUIT.

Ou bien on se proposera de faire un trafic régulier, peu intense, qui devra alors être réglé sur le nombre minimum de télégrammes qu'il sera possible d'échanger, dans les circonstances défavorables, et les stations devront être prévues de façon à rayonner une énergie suffisante pour écouler le trafic prévu. Dans ces conditions, la puissance installée sera surabondante à peu près toujours, et les machines devront être prévues de façon à ce que la puissance employée puisse, à chaque instant, être proportionnée aux besoins. La puissance totale ne sera utilisée qu'aux époques de faible intensité et de forts parasites : c'est ainsi que, dans une des stations de Californie qui fait le service avec Honolulu, et dans laquelle la puissance disponible est de 300 kilowatts, il suffit d'employer, en moyenne, pendant la saison favorable, de juillet à décembre, 50 kilowatts la nuit et 100 kilowatts le jour, de décembre à juillet 150 kilowatts le jour et 250 kilowatts la nuit. Il est d'ailleurs nécessaire que les rechanges soient aussi importantes que si la station fonctionnait toujours à pleine puissance. De sorte que, en définitive la puissance moyenne utilisée est alors très petite en rapport à la puissance installée ; 137, 5 kilowatts utilisés en moyenne pour

Digitized by Google

600 kilowatts installés. Le coefficient d'utilisation des installations est moins d'un quart.

### 2° EXPLOITATION A GRAND RENDEMENT. — TRANSMISSION A GRANDE VITESSE.

Ou bien on se proposera de faire le trafic maximum. Ce trafic sera d'ailleurs irrégulier, beaucoup moins important pendant les mois d'été que pendant l'hiver. C'est ainsi que des stations qui échangent en moyenne, par semaine, 100.000 mots, pendant l'hiver, ne pourraient en écouler en été que 60.000. Certains jours, l'une des stations ne pourra pas recevoir 100 télégrammes. Tandis qu'aux moments calmes, l'énergie sera beaucoup plus grande qu'il n'est nécessaire pour la réception auditive. Dans ce cas, si le trafic est suffisamment important, il sera possible de faire du travail à grande vitesse, soit actuellement 70 mots à la minute. La vitesse de 100 mots est dès maintenant atteinte et dépassée dans des installations en essai. Des conditions atmosphériques meilleures permettent d'aller encore plus loin, en rendant possible la transmission simultanée de plusieurs télégrammes à grande vitesse, qui semble devoir être prochainement une réalité pratique. Le rendement électrique et le coefficient d'utilisation de l'installation sont alors considérablement augmentés, les machines travaillant toujours à pleine charge pendant les émissions.

### Service en duplex.

Il est possible d'aller encore plus loin dans cette voie.

Si une station ne comporte qu'une antenne, la réception et la transmission ne sont pas actuellement possibles simultanément, et l'important matériel de transmission ne peut être utilisé que pendant la moitié du temps. Supposons au contraire que chacune des deux stations correspondantes A et B, situées l'une en France, l'autre en Amérique, soit composée de deux postes affectés l'un à l'émission, l'autre à la réception (différenciés par les indices e et r) et suffisamment distants pour que chacun des postes de

Digitized by Google

réception puisse entendre les signaux envoyés par son correspondant, sans être troublée par le poste de transmission voisin, qui travaille avec le poste de réception de la station correspondante. Il sera possible alors de faire ce qu'on appelle en radiotélégraphie du *service duplex*, l'une des lignes $B_e$ $A_r$ étant affectée d'une façon continue au passage des radiotélégrammes allant de B vers A, l'autre étant occupée, également d'une façon continue, par le trafic dirigé de A vers B.

Les deux postes de transmission et de réception d'une même station seront d'ailleurs reliés par des lignes télégraphiques, qui permettront de manipuler à partir des salles de réception : de sorte qu'un signal partant de A, sera d'abord transmis par fil du poste de réception $A_r$ au poste d'émission $A_e$ où il sera transformé en signal radiotélégraphique. En définitive, dans cette combinaison, le poste de transmission est un colossal relais transformant le signal télégraphique d'une puissance d'un milliwatt qu'il reçoit, en émission radiotélégraphique de plusieurs centaines de kilowatts. Le service duplex, ainsi organisé, et combiné avec les grandes vitesses de transmission dont nous avons parlé ci-dessus permet de doubler le rendement de l'installation sans accroître la puissance des machines ; il suffit de séparer les postes de transmission et de réception. Le personnel n'est pas augmenté. Le seul organe nouveau est l'antenne spéciale à la réception ; mais on serait amené à l'installer, dans un grand nombre de cas, même si les deux postes étaient dans un même local; et d'ailleurs, l'antenne de réception pouvant être sans inconvénient moins importante que l'antenne de transmission, la dépense correspondante est minime. En somme, le service en duplex permet de doubler le trafic pour une augmentation insignifiante des frais de premier établissement.

Remarquons d'ailleurs que, même dans les cas où l'on ne tient pas à faire du duplex, ou dans lesquels on est obligé par les parasites de recevoir au téléphone, la séparation, dans chaque station, des deux postes d'émission et de réception est encore avantageuse. Elle permet au poste récepteur de couper son correspondant pour lui demander des répétitions ou des corrections.



Digitized by Google

Et les radiotélégraphistes qui, actuellement sont ordinairement privés de cette faculté savent par expérience combien elle est précieuse.

### 3° RÉSUMÉ. — RÉSULTATS A ATTENDRE D'UNE RADIOCOMMUNICATION A GRANDE DISTANCE ET A GRAND RENDEMENT.

En résumé une station radiotélégraphique à grande distance et à grand rendement doit consister actuellement en deux postes distincts pour la transmission et la réception, installés de telle sorte qu'ils puissent travailler simultanément avec le correspondant. Elle comporte une antenne de très grande hauteur et de grande capacité, et la technique actuelle des radiocommunications permet de rayonner des puissances de plusieurs centaines de kilowatts ; elle doit posséder les machines et appareils de rechange nécessaires pour qu'un service absolument continu soit réalisable.

Même en employant les moyens les plus puissants que fournit la technique à l'heure présente, il sera sans doute impossible d'affirmer que jamais aucun parasite n'arrivera avec une intensité suffisante pour troubler à aucun moment la communication, il semble du moins certain que les périodes d'interruption seront si courtes et si peu nombreuses qu'on pourra considérer le trafic comme possible d'une façon permanente à la vitesse du Morse (20 mots à la minute). En outre le service automatique en duplex sera possible pendant au moins six heures par jour en moyenne en été et douze heures en hiver, avec un rendement qui est actuellement de 140 mots à la minute, mais qui paraît pouvoir être facilement accru dans de grandes proportions par une augmentation de la vitesse de transmission et l'emploi de dispositifs multiplex.

## 4° CONSIDÉRATIONS FINANCIÈRES

La décision de l'installation d'une radiocommunication à grande distance par une Administration comme la nôtre n'est pas moti-

Digitized by Google

vée uniquement par des considérations financières. Les raisons politiques, l'intérêt qu'il peut y avoir à établir des liaisons télégraphiques entre deux points importants, non réunis par des câbles, ou dans le cas où l'on a des raisons de craindre, en certaines circonstances, des ruptures de câbles, voulues ou non, pèsent d'un grand poids sur la décision.

Il est certain toutefois que l'importance des considérations financières ne saurait être méconnue. Des stations radiotélégraphiques aussi puissantes que celles dont nous avons exposé les caractéristiques générales seront certainement très coûteuses.

Ne seront-elles pas trop chères en comparaison des services qu'elles peuvent être appelées à rendre. Travailleront-elles à perte ou procureront-elles des bénéfices à l'exploitant? La réponse à ces questions ne peut être donnée qu'en examinant de près l'assiette financière du projet.

Nous supposerons avoir à établir une radiocommunication à une distance comparable à celle de Paris-New-York, soit environ 6.000 kilomètres. Quoique, ainsi que je l'ai dit plus haut, les conditions de propagation ne soient pas exactement les mêmes dans les deux sens, et que les circonstances locales ne soient pas non plus identiques dans les deux stations, que, par exemple, dans le cas d'une communication transatlantique, il semble y avoir lieu, en raison des parasites violents constatés sur la côte Est des États-Unis, de faire la station française plus puissante que son correspondant américain, si l'on veut s'assurer des rendements égaux dans les deux sens; nous supposerons, pour simplifier le problème, que les deux stations sont identiques et comportent, par exemple, une antenne en parapluie portée par un pylône de 600 mètres de hauteur, et une installation radiotélégraphique empruntant au réseau une puissance de 1.200 kilowatts.

Nous allons indiquer successivement les prix de premier établissement, les amortissements à prévoir, et les frais d'entretien et d'exploitation, étant bien entendu d'ailleurs que toutes les évaluations faites ne peuvent être qu'approximatives, et que les prix des différents organes d'une station peuvent varier dans de

Digitized by Google

grandes proportions suivant les types d'antennes, les caractéristiques des machines et appareils radiotélégraphiques, et les conditions locales.

## Prix de premier établissement.

Pour les prix de premier établissement, nous admettrons les chiffres suivants :

POSTE D'ÉMISSION

| | |
|---|---|
| Antennes et terres | 3.600.000 fr. |
| Bâtiments | 600.000 |
| Installation radiotélégraphique | 2.000.000 |
| Terrain | 300.000 |
| Usine génératrice d'énergie électrique | 2.000.000 |
| Total | 8.500.000 |

POSTE DE RÉCEPTION

| | |
|---|---|
| Antennes, terres | 200.000 fr. |
| Bâtiments, terrain | 75.000 |
| Installations techniques et liaisons télégraphiques | 125.000 |
| Total | 400.000 |
| Prix total de 1er établissement pour une station | 8.900.000 fr. |
| pour deux stations | 17.800.000 |

## Amortissement des frais de premier établissement.

Je compterai que l'amortissement des dépenses ci-dessus doive se faire en 25 ans pour les bâtiments, terrain et usine d'énergie ; en 20 ans pour les pylônes et antennes ; en 15 ans pour les installations techniques.

On a ainsi pour les deux stations :

BATIMENTS, TERRAINS, USINE GÉNÉRATRICE

Amortissement :

$$2 \times \frac{600.000 + 300.000 + 2.000.000 + 75.000}{25} = 238.000$$

Digitized by Google

PYLONES ET ANTENNES

$$2 \times \frac{3.600.000 + 200.000}{20} = 380.000$$

INSTALLATIONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES

$$2 \times \frac{2.000.000 + 125.000}{15} = 283.000$$

Amortissement annuel total..... 901.000

## Frais d'entretien et d'exploitation.

J'évaluerai enfin les frais d'entretien et d'exploitation. Ils comprennent les traitements et salaires du personnel, les frais d'entretien du matériel et des bâtiments et le coût de l'énergie consommée. La deuxième catégorie est à peu près indépendante du volume du trafic. La troisième et la première sont déterminées par le mode d'exploitation de la station et le nombre de radiotélégrammes.

On arrive, en première approximation, aux chiffres suivants. Je compterai, pour l'entretien du matériel et des bâtiments, une dépense annuelle, pour les deux stations de 240.000 fr., et en ce qui concerne le personnel et les frais d'exploitation, j'examinerai trois cas particuliers :

1° Utilisation complète des stations en duplex et transmission automatique pendant 9 heures en moyenne.

Dans ces conditions, le personnel devra être, ainsi que nous l'avons vu plus haut, au nombre de 120 unités environ pour les deux stations. Soit, en calculant sur une rétribution moyenne de 3.000 fr. par an :

$120 \times 3.000$..... 360.000 fr.

L'énergie électrique sera supposée fournie par l'usine génératrice au prix de 0 fr.08 le kilowattheure et nous aurons dans ces conditions, et en supposant, dans les signaux, les espaces égaux aux signes en moyenne :

Digitized by Google

Période de transmission automatique en duplex

$1.200 \times 9 \times 365 \times 0{,}08$ ..... 315.360

Période de transmission simplex à faible vitesse

$1200 \times \frac{15}{2} \times 365 \times 0{,}08$ ..... 262.800

Total ..... 578.160 fr.

2° Cas du travail automatique en duplex pendant 4 heures par jour.

Dans ces conditions le personnel pourra être réduit de moitié, et l'on aura pour la dépense correspondante

$60 \times 3.000$ ..... 180.000 fr.

Le coût annuel de l'énergie consommé sera pour les deux stations

$1.200 \times 4 \times 365 \times 0{,}08$ ..... 140.160 fr.

3° Cas du travail automatique en duplex pendant 2 heures par jour.

Les frais du personnel sont les mêmes que dans le cas précédent, soit ..... 180.000 fr.

Le prix de l'énergie consommée sera

$1.200 \times 2 \times 365 \times 0{,}78$ ..... 70.080 fr.

En faisant, pour les 3 cas envisagés ci-dessus, le total des frais d'amortissement, d'entretien, et d'exploitation, nous obtenons finalement :

| | 1er cas | 2e cas | 3e cas |
|---|---|---|---|
| | Duplex — 9 h.<br>Manuel — 15 h. | Duplex — 4 h. | Duplex — 2 h. |
| Amortissement ..... | 901.000 | 901.000 | 901.000 |
| Entretien ..... | 240.000 | 240.000 | 240.000 |
| Personnel ..... | 360.000 | 180.000 | 180.000 |
| Energie ..... | 578.160 | 140.160 | 70.080 |
| Total ..... | 2.079.160 | 1.461.000 | 2.391.080 |

Digitized by Google

## Recettes.

Il convient de mettre en présence de ce passif important les recettes qui représenteront l'actif de l'exploitation.

J'évaluerai d'abord le nombre de mots échangés par les deux stations, dans les 3 hypothèses envisagées plus haut. On compte 140 mots à la minute pour le travail automatique en duplex, et 20 mots à la minute pour le service manuel.

On obtient dans ces conditions.

Première hypothèse ; 9 heures de travail automatique en duplex, 15 heures de travail manuel:

Transmis en duplex :

$9 \times 60 \times 140 \times 365$..... .. 27.594.000 mots

Transmis en simplex :

$15 \times 60 \times 20 \times 365$..... 6.570.000 mots

Total..... 34.164.000 mots

Deuxième hypothèse :

$4 \times 60 \times 140 \times 365$..... 12.264.000 mots

Troisième hypothèse :

$2 \times 60 \times 140 \times 365$..... 6.132.000 mots

Avec une vitesse de transmission automatique en duplex de 400 mots à la minute (200 mots dans chaque sens).

Les nombres des mots seraient :

Première hypothèse. 9 heures de travail automatique en duplex, 15 heures de travail manuel.

Transmis en duplex automatique :

$9 \times 60 \times 400 \times 365$..... 78.840.000 mots

Transmis en simplex, à la main :

$15 \times 60 \times 20 \times 365$..... 6.570.000 mots

Total..... 85.410.000

Deuxième hypothèse :

$4 \times 60 \times 400 \times 365$..... 35.040.000 mots

Digitized by Google

Troisième hypothèse :

$2 \times 60 \times 400 \times 365$ ..... 17.520.000

Les tarifs de transmission Paris-New-York sur les câbles transatlantiques français sont :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Télégrammes à plein tarif (par mot) | | ..... | 1 fr. 25 |
| — | différés | — ..... | 0 fr. 625 |
| — | de presse | — ..... | 0 fr. 50 |

Si l'on admet que le nombre de mots payés est en moyenne pour les trois catégories du télégrammes ci-dessus, la moitié des mots transmis dans les trois hypothèses faites, et pour des taxes moyennes de 0,50, 0,30, 0,10, dont la plus élevée est la plus faible des taxes actuelles des télégrammes par câble, le rendement de l'ensemble des deux stations sera :

*Service automatique à 70 mots par minute.*

| | 1er CAS | 2e CAS | 3e CAS |
|---|---|---|---|
| | Duplex — 9 h.<br>Manuel — 15 h. | Duplex — 4 h. | Duplex — 2 h. |
| Taxe 0 fr. 50..... | 8.541.000 | 3.066.000 | 1.533.000 |
| Taxe 0 fr. 30..... | 5.124.600 | 1.839.600 | 919.800 |
| Taxe 0 fr. 10..... | 1.708.200 | 613.200 | 306.600 |

*Service automatique à 200 mots par minute.*

| | 1er CAS | 2e CAS | 3e CAS |
|---|---|---|---|
| | Duplex — 9 h.<br>Manuel — 15 h. | Duplex — 4 h. | Duplex — 3 h. |
| Taxe 0 fr. 50..... | 19.710.000 | 8.760.000 | 4.380.000 |
| Taxe 0 fr. 30..... | 13.826.000 | 5.256.000 | 2.628.000 |
| Taxe 0 fr. 10..... | 4.609.000 | 1.752.000 | 876.000 |

Digitized by Google

## Résultats financiers probables.

Au tarif moyen extrêmement réduit de 10 centimes par mot, qui provoquerait immédiatement d'une façon certaine un afflux de télégrammes capables d'alimenter continuellement plusieurs stations, celles-ci travaillant à plein rendement à la vitesse de 200 mots à la minute, pendant les heures de travail en duplex, forment un bénéfice de 14 °/₀ du capital engagé.

Au tarif moyen, encore très bas, de 30 centimes par mot, les stations feraient leurs frais dès que le nombre de mots (40.000 mots transmis, 20.000 mots payés), serait suffisant pour alimenter les stations pendant deux heures dans le cas du travail en duplex à 200 mots à la minute, pendant quatre heures dans celui du travail en duplex à 70 mots à la minute. Pour un travail à plein rendement, le bénéfice annuel serait 65 °/₀ du capital engagé.

Au tarif moyen de 50 centimes par mot, très réduit par rapport aux taxes actuelles, seraient respectivement.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Trafic | 30.000 | 60.000 | 100.000 | 200.000 | mots transmis |
| Soit | 15.000 | 30.000 | 50.000 | 100.000 | mots payés |
| Bénéfices annuels du capital engagé. | 3.6 | 19 | 39 | 78 | pour cent |

Et, le nombre de mots transmis journellement sur deux transatlantiques en bon état peuvent être environ 1.500 l'heure, soit à 30.000 en vingt-quatre heures.

On voit qu'il n'y aurait rien d'invraisemblable à ce qu'une réduction des taxes à la valeur moyenne de 0,30 centimes provoquât l'augmentation de trafic nécessaire pour alimenter d'une façon permanente la radiocommunication.

## Conclusion.

Quoique les chiffres donnés ci-dessus ne puissent évidemment être autre chose que des évaluations approximatives, qu'un projet

Digitized by Google

détaillé amènerait peut-être à modifier notablement, il n'en est pas moins certain que l'établissement et l'exploitation d'une radiocommunication établie suivant les principes que j'ai exposés serait une excellente affaire. Les lignes radiotélégraphiques qui réunissaient l'Amérique d'une part, à l'Angleterre et à l'Allemagne de l'autre, ont fait, dans le passé, des bénéfices intéressants. Encore disposaient-elles, ainsi que nous le verrons dans la suite, de moyens techniques très inférieurs à ceux dont j'ai indiqué l'emploi. Une radiocommunication transatlantique se présente donc aujourd'hui au point de vue financier dans d'excellentes conditions. Ces conditions seront d'autant meilleures qu'on aura moins dans l'établissement des stations, lésiné sur la hauteur des pylônes ou sur la puissance. Car, si je n'ai voulu, dans les évaluations données ci-dessus, tabler que sur des résultats obtenus jusqu'à ce jour, calculer les rendements que d'après les vitesses des transmissions réalisées actuellement, il n'en est pas moins certain que des vitesses triples seront prochainement réalisées ; que l'emploi des systèmes multiplex sera possible dans un court délai. Il n'en est pas moins certain non plus que ces transmissions exigeront d'autant plus de puissance qu'elles seront plus multipliées ou plus rapides, et que, par conséquent, les stations seront d'autant mieux qu'elles auront été prévues plus largement en état de profiter des progrès qui s'annoncent et augmenteront le rendement dans des proportions considérables.

Digitized by Google

## CHAPITRE II

# LES GRANDS RÉSEAUX RADIOTÉLÉGRAPHIQUES ET LA TECHNIQUE ACTUELLE DES RADIOCOMMUNICATIONS A GRANDE DISTANCE

Nous avons étudié dans les pages qui précèdent les caractéristiques générales, les conditions essentielles d'établissement et d'exploitation des réseaux radiotélégraphiques de grande portée. Cet examen d'ensemble était nécessaire pour connaître les différents aspects du problème des radiocommunications à grande distance et nous mettre en état d'apprécier à leur juste valeur les résultats acquis.

Ce sont ces résultats que nous allons maintenant observer, en poursuivant notre enquête à travers les différents réseaux transocéaniques actuellement en service.

## 1° OBSERVATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL

### I. REMARQUES PRÉLIMINAIRES

En 1895, Marconi, émettant des signaux au moyen d'une bobine de Rhumkorff dans le jardin de son père à Bologne, parvenait à franchir quelques centaines des mètres. En 1901, la télégraphie sans fil était déjà suffisamment développée pour que quelques émissions de Podhu, en Angleterre, pussent être reçues à Terre-Neuve, par delà l'Atlantique. En 1907 la mise en service par la Compagnie Marconi des stations de Clifden et Glace-Bay inaugurait la première des radiocommunications transocéaniques.

Nul pays, mieux que l'Amérique du Nord, ne se trouvait dans

Digitized by Google

des conditions favorables pour voir la télégraphie sans fil, ainsi inaugurée, atteindre du premier coup son plus grand développement. En raison de la place éminente que tiennent les États-Unis dans la vie économique du monde, un réseau de communications rapides entre eux et le reste de l'univers est une absolue nécessité. Or, avant la télégraphie sans fil, l'Amérique, île immense, isolée au milieu de l'Océan à plusieurs milliers de kilomètres du continent le plus rapproché, ne disposait, pour assurer des relations télégraphiques avec les autres nations, que de ce lien fragile, peu sûr, à l'entière discrétion des maîtres de la mer, que sont les câbles sous-marins. Aussi, dès que Marconi eût fait prévoir, en 1901, puis inauguré en 1907 l'ère des radiocommunications transatlantiques, les divers pays du monde, réalisant immédiatement que la nouvelle invention leur donnait un moyen précieux d'assurer l'indépendance de leurs relations télégraphiques, quel que fût le maître de la mer, virent, comme première application, l'établissement d'une ligne radiotélégraphique avec les États-Unis. Nous avons vu que, dès 1908, l'ingénieur chargé du service de la télégraphie sans fil, proposait à l'Administration française la construction d'une station transatlantique, aujourd'hui sur le point d'être entreprise. D'autres nations nous ont précédés dans cette voie, et nous verrons dans un instant, quelle ampleur a pris dès maintenant le réseau de radiocommunications établi par les nations qui, toutes ont inscrit en tête de leurs programmes de stations de grande puissance, leur liaison radiotélégraphique avec les Etats-Unis.

Et, les différents programmes étant loin d'être complètement réalisés, les réseaux à grande distance des différents pays du monde sont, en fait, actuellement, à très peu d'exceptions près, constitués par leurs radiocommunications avec l'Amérique du Nord; de sorte que cette contrée présente, au point de vue de l'observateur désireux, comme nous l'étions, de recueillir des renseignements sur l'état actuel de la télégraphie sans fil à grande distance l'avantage exceptionnel de posséder des exemplaires de tous les systèmes et de toutes les méthodes essayées pour assurer les communications désirées. Il nous suffira, en

Digitized by Google

somme, d'un voyage d'études à travers l'Amérique du Nord, pour nous faire une idée nette des résultats acquis à ce jour.

## II. L'IMPORTANCE DU RÉSEAU TRANSOCÉANIQUE DES ÉTATS-UNIS

Un coup d'œil sur la carte nous montrera tout d'abord que la télégraphie sans fil transocéanique n'est pas, comme on l'a cru trop longtemps en France, le rêve de techniciens trop pressés d'appliquer sur une grande échelle des résultats encore incertains ; qu'elle est, dès maintenant, une importante réalité (fig. 5).

A l'heure actuelle, et en considérant uniquement les stations achevées, sans faire état des projets adoptés ou à l'étude et en nous tenant aux lignes commerciales, l'Europe est réunie à l'Amérique par six radiocommunications transatlantiques, partant d'Angleterre, de Norvège et d'Allemagne. La côte Ouest des États-Unis est reliée par

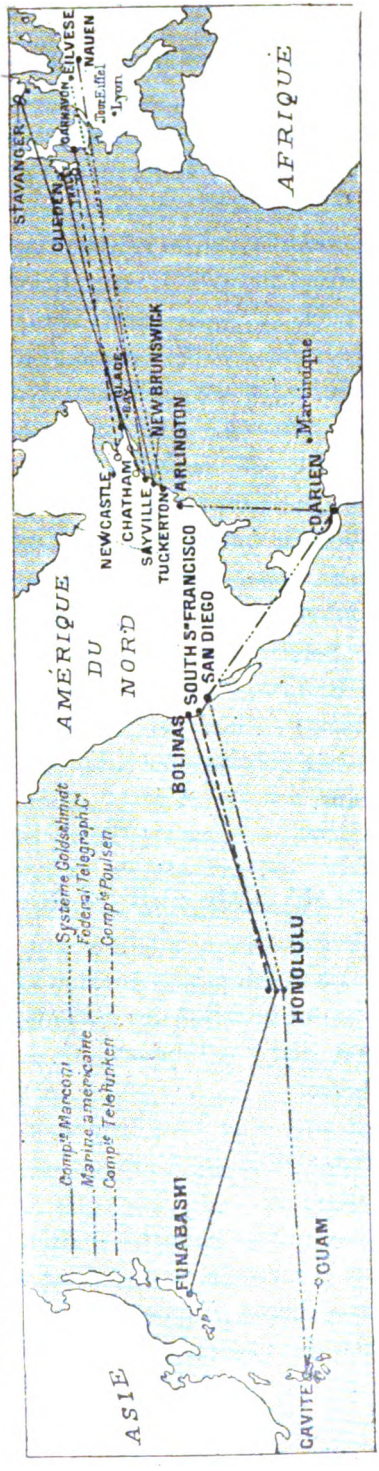



Fig. 5. — Radiocommunications transocéaniques de l'Amérique du Nord.

Digitized by Google

trois lignes à Honolulu, capitale des îles Sandwich, et, par son intermédiaire, au Japon et aux Philippines. Les portées varient de 3.590 kilomètres (Clifden-Glace-Bay), à 8.600 kilomètres Pearl Harbourg (Honolulu) à Cavite (Philippines).

La côte Est de l'Amérique est reliée à l'Angleterre par trois lignes, établies entre Clifden (Irlande) et Glace-Bay (Canada) (Compagnie Marconi) ; entre Carnarvon (Pays de Galles) et New-Brunswick (près de New-York) (Compagnie Marconi); entre Tralee (Irlande) et Newcastle (Canada) (Système Poulsen).

L'Allemagne est en liaison avec les États-Unis par les deux stations américaines de Sayville (Compagnie Telefunken) et Tuckerton (système Goldschmidt) correspondant respectivement avec Nauen, près Berlin et Eilvese (Hanovre).

La station américaine de Chatham (près Boston) est enfin destinée à travailler avec la station norvégienne de Stavanger.

De la côte Ouest des États-Unis, trois lignes appartenant respectivement à la Compagnie Marconi ; à la Federal Telegraph Co ; à la Marine américaine, partent vers Honolulu. La première se prolonge ensuite vers Tokio (station de Funabashi) ; la troisième continue vers les colonies américaines des Philippines et de Guam.

## III. REMARQUE SUR LE CHOIX DES EMPLACEMENTS

Un fait qui frappe immédiatement à la lecture de la carte, c'est la multiplication des stations au voisinage des emplacements désignés, soit par l'importance du trafic, soit par des avantages techniques.

C'est ainsi que nous trouvons au Canada, dans la région la plus rapprochée de l'Europe, les deux stations de Newcastle et Glace-Bay.

Le centre commercial important qu'est San-Francisco a attiré dans son voisinage, dans un espace de cinquante kilomètres de longueur, les deux postes de transmission et de réception du système transpacifique Federal Telegraph Co ; ainsi que le

Digitized by Google

couple de stations Marconi de Marshall et Bolinas, tête de la ligne radiotélégraphique San-Francisco-Honolulu-Tokio.

Aux îles Sandwich, trois stations complètes à grande distance sont serrées sur la petite île d'Oahou, aux environs d'Honolulu.

Le groupe de New-York est particulièrement caractéristique. L'importance de cette ville a multiplié les stations dans un étroit rayon autour d'elles, et l'on y trouve, à l'intérieur d'un cercle de 70 kilomètres de diamètre : celle de Turckerton, qui correspond avec Eilvese, à une distance de 6.220 kilomètres ; celle de Sayville, qui, avec Nauen, en Allemagne, constitue la liaison radiotélégraphique germano-américaine de Nauen (6.650 kilomètres) ; enfin le groupe Marconi de Belmar et New-Brunswick, qui assure les communications avec l'Angleterre (Canarvon 5.200 kilomètres) ; sans compter de nombreux postes de moindre importance, exploités par des amateurs ou utilisés pour la correspondance avec les navires. La station de Belmar, par exemple, enregistre les signaux venant d'Angleterre sans être gênée par ses deux voisins de New-Brunsvick et Tuckerton qui l'encadrent à 30 kilomètres seulement de distance.

L'enseignement à tirer de cette concentration des stations de grande puissance en certains points, est que, s'il y a lieu, dans le choix des emplacements, de tenir compte des interférences possibles avec les postes voisins, les moyens de protection actuellement utilisés : différences de longueurs d'onde, syntonies aiguës, ont diminué l'importance de cette préoccupation dans une mesure telle que les postes peuvent être, somme toute, très rapprochés.

## IV. MÉTHODES GÉNÉRALES D'EXPLOITATION

Au point de vue de l'organisation générale de l'exploitation, on retrouve partout, sauf dans les lignes germano-américaines de Sayville-Nauen et Tuckerton-Eilvese, des stations composées de deux postes d'émission et de réception séparés par une distance de l'ordre de vingt à trente kilomètres généralement.

Dans quelques cas où l'importance du trafic est suffisante

Digitized by Google

(lignes Marconi Glace-Bay-Clifden, New-Brunswick-Carnarvon, San-Francisco-Honolulu-Tokio), cette division des fonctions a pour but de permettre le travail en duplex, dans les conditions que nous avons examinées ci-dessus.

Dans d'autre cas, l'idée a été de reporter au centre même du trafic, pour éviter les ennuis et les retards des transmissions par les compagnies télégraphiques, le poste de réception, qui est aussi le centre de manipulation des signaux. L'antenne pouvant être, ainsi que nous l'avons vu, relativement peu importante, il n'y a aucune difficulté à l'établir au milieu d'une grande ville, au centre des affaires. C'est à cette idée qu'a obéi la Federal Telegraph Co en installant la réception de son système transpacifique dans la plus haute maison de San-Francisco. Remarquons d'ailleurs que c'est là un cas isolé. La Compagnie américaine Marconi, qui a ses bureaux au 18e étage du Voolworth Building, le plus haut gratte-ciel de New-York, dont la tour atteint plus de 250 mètres de hauteur, n'a pas jugé bon de profiter de ces circonstances exceptionnelles pour installer en plein centre de la ville la station de réception du système New-Brunswick-Carnarvon.

Enfin, dans le cas du réseau de la Marine américaine, on a voulu réunir dans une même station plusieurs postes d'émission et de réception, et la combinaison est alors la suivante. On groupe dans un même local toutes les installations d'émission, chacune ayant son antenne et ses appareils distincts, et, sur un autre emplacement, éloigné de plusieurs kilomètres, toutes les installations de réception, munies chacune de son antenne et de son matériel. On établit d'ailleurs entre les deux postes autant de liaisons télégraphiques par fil qu'il y a d'installations transmettrices, de façon à faire correspondre à chacune d'elles un ensemble de réception et de manipulation. Dans ce cas, si les longueurs d'ondes des diverses émissions sont suffisamment différentes, les syntonies assez aiguës, et la distance assez grande, chacun des postes comprenant une émission d'une part, la réception et la manipulation correspondantes d'autre part, peut travailler indépendamment des autres et le plein rendement de

Digitized by Google

l'ensemble est atteint. Il n'eût évidemment pas été possible de travailler ainsi simultanément sur différents postes si toutes les installations avaient été rassemblées dans un même local.

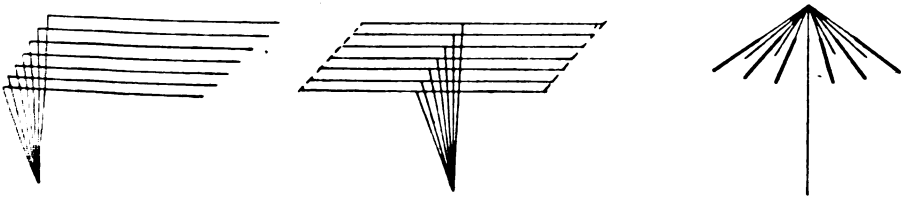
## 2° VUE D'ENSEMBLE SUR LES PROCÉDÉS UTILISÉS POUR LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL A GRANDE DISTANCE

Avant d'aborder le détail des différents systèmes, il convient de rappeler en quelques mots les principes des méthodes employées, en se bornant, d'ailleurs, à celles qui sont applicables aux grandes puissances.

### I. L'ANTENNE DE TRANSMISSION

Nous avons vu dans la première partie que, toutes choses égales d'ailleurs, l'énergie rayonnée est proportionnelle au carré

Fig. 6



Antenne en nappe — Antenne en T — Antenne en parapluie.

de la hauteur des antennes et du courant dont elles sont le siège, et que ce fait conduit à les constituer par des réseaux conducteurs à peu près horizontaux supportés à une grande hauteur au-dessus du sol. Nous retrouverons en fait, dans les stations que nous allons décrire, trois types principaux :

L'antenne horizontale, formée d'une nappe de conducteurs parallèles, isolés à une extrémité, et reliés d'autre part aux appareils par une descente verticale (fig. 6).

L'antenne en T ou en plan horizontal, formé d'un réseau de fils horizontaux ou sensiblement horizontaux, réunis à la terre par une descente qui part de leurs milieux (fig. 6).



Digitized by Google

L'antenne en parapluie, formée d'une partie verticale, le manche, qui part du sol et vient se raccorder aux parties horizontales, rayonnantes à partir du centre en descendant vers le sol (fig. 6).

## II. LES MÉTHODES DE TRANSMISSION

Nous avons vu également, dans la première partie, l'ordre de grandeur de la fréquence à adopter pour les portées de 4.000 à 7.000 kilomètres. Elle est de l'ordre de 15 à 30.0000 par seconde, correspondant à des longueurs d'onde de 20 à 10.000 mètres.

Il est probable que si l'on se fût rendu compte dès le début des véritables conditions des radiocommunications transocéaniques, en particulier si l'on n'eût pas cru devoir utiliser des fréquences beaucoup plus élevées, on eût songé immédiatement à produire l'énergie nécessaire au moyen de procédés analogues à ceux qui servent à produire, dans la technique industrielle, les courants alternatifs. Le succès avec lequel Tesla avait, dès 1891, construit des alternateurs à 10.000 périodes eût dû pousser dans ce sens. Mais l'évolution se fit dans une autre voie, en partant, comme nous l'avons vu, des essais de Marconi avec la bobine Rhumkorff. Et l'on commença par la télégraphie sans fil à étincelles.

### Les méthodes à ondes amorties.

*Le phénomène de la décharge du condensateur.* — On connaît le principe de la méthode. De même qu'un pendule, écarté de sa position d'équilibre, puis abandonné à lui-même, revient à sa position première après une série d'oscillations, de même un condensateur, d'abord chargé puis abandonné à lui-même dans un circuit contenant une self-induction, se décharge avec oscillations. Autrement dit, le circuit est traversé par un courant alternatif amorti dont la fréquence est déterminée par les valeurs de la capacité et de la self-induction suivant la formule

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

Digitized by Google

En raison des très grandes fréquences de la télégraphie sans fil (10.000 à 3.000.000) il est nécessaire de faire en sorte que la fermeture du circuit au moment de la décharge soit extrêmement brusque : c'est la fonction de l'étincelle. Le circuit est interrompu par un éclateur, formé d'électrodes séparées par un intervalle d'air. On charge le potentiel jusqu'à ce que la différence de potentiel atteigne la valeur suffisante pour faire jaillir une étincelle à travers les électrodes. A ce moment l'air est brusquement rendu conducteur, et le condensateur se décharge à travers l'étincelle avec oscillations.

*L'excitation de l'antenne.* — L'application la plus simple de ces principes est basée sur la remarque que l'antenne, dont la base est mise à la terre, est assimilable à un circuit à condensateur. Elle possède en effet une certaine capacité par rapport au sol, et ses fils ont une self-induction déterminée.

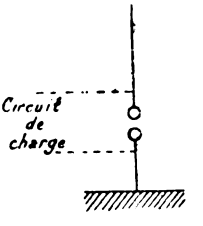


Fig. 7.

Insérons donc un éclateur à sa base, et agissons comme précédemment : nous avons le moyen de produire des courants à haute fréquence. C'est le procédé de l'excitation directe (fig. 7). L'onde est pure, en ce sens qu'elle possède une fréquence unique, bien déterminée ; mais la résistance de l'étincelle, intercalée entre l'antenne et la terre, provoque des pertes d'énergie, qui, s'ajoutant à celles qui viennent de la chaleur engendrée dans les conducteurs et du rayonnement, diminuent le rendement et amortissent les oscillations dans une proportion inadmissible ; d'autant plus que, les capacités étant très faibles, il faudrait, pour mettre en jeu de grandes quantités d'énergie, employer des voltages très élevés, donc des étincelles très longues et par conséquent très résistantes.

Un progrès fut réalisé en excitant l'antenne non plus directement, mais par l'intermédiaire d'un circuit à condensateur, lié à l'antenne par un transformateur à haute fréquence ou radiotransformateur. Si le couplage est relativement lâche le circuit à condensateur, d'abord chargé, puis laissé libre de se

Digitized by Google

décharger à travers un éclateur quand l'étincelle éclate, agit sur l'antenne ; l'énergie passe du premier circuit dans le second ; puis l'antenne réagit à son tour sur le circuit à condensateur ; ainsi de suite. Il se produit donc dans les deux circuits, et en particulier dans l'antenne des maxima et des minima d'amplitude, autrement dit des battements qui s'éteignent progressivement. Autrement dit les ondes rayonnées sont amorties et de deux fréquences : c'est l'inconvénient du procédé, une émission de fréquence double étant évidemment plus difficile à éliminer par les postes qui ne veulent pas la recevoir que des signaux de fréquence unique.

L'avantage était qu'on pouvait, en employant de grandes capacités, emmagasiner de grandes quantités d'énergie dans le condensateur tout en évitant des différences de potentiel exagérées.

Une nouvelle étape fut franchie, et, dans les systèmes à étincelles actuels des Compagnies Telefunken et Marconi, pour les grandes distances, l'antenne est parcourue par des oscillations d'une seule longueur d'onde. Ce résultat est obtenu en coupant l'étincelle au bout d'un temps très court, au moment où le circuit oscillant a transféré à l'antenne toute son énergie, et supprimant ainsi les réactions et actions successives de l'antenne sur le circuit à condensateur, et vice versa. L'étincelle coupée, l'antenne est chargée et abandonnée à elle-même. Elle oscille donc avec sa période propre et son amortissement propre. Deux procédés sont employés pour éteindre l'étincelle au moment convenable.

L'un a été indiqué par Wien ; l'étincelle étant extrêmement courte, de l'ordre d'un dixième de millimètre au plus, est très résistante, donc extrêmement amortie, et s'étouffe rapidement. Marconi arrive mécaniquement au même résultat au moyen d'un éclateur tournant formé d'un disque muni de saillies régulièrement fixées à sa périphérie et placées perpendiculairement à son plan. Ce disque tourne rapidement entre deux électrodes fixes. L'étincelle dure donc juste le temps que dure le passage des saillies devant les électrodes fixes, c'est-à-dire un petit

Digitized by Google

nombre d'oscillations seulement. Il y a donc impulsion et émission, par l'antenne, d'une onde pure et peu amortie.

*La Télégraphie sans fil musicale.* — Le phénomène de la charge et de la décharge successives du condensateur, qui produit des oscillations de haute fréquence, est répété un certain nombre de fois par seconde, d'où émission d'un même nombre de trains d'ondes électromagnétiques. Chacun d'eux impressionne l'antenne et le dispositif de réception ; de sorte que si celui-ci comprend un téléphone, cet appareil rend un son de hauteur égale à la fréquence des trains d'ondes. On multipliera assez ceux-ci pour que le son soit suffisamment musical pour percer à travers les bruits provoqués par les parasites.

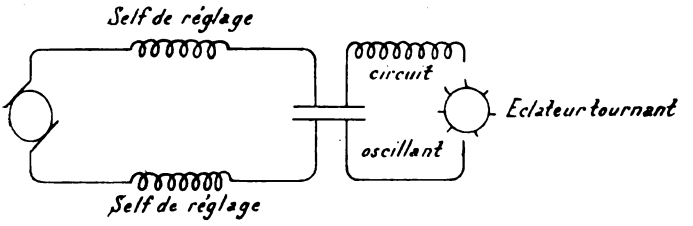



Fig. 8. — Charge au moyen d'une force électromotrice constante à haute tension.

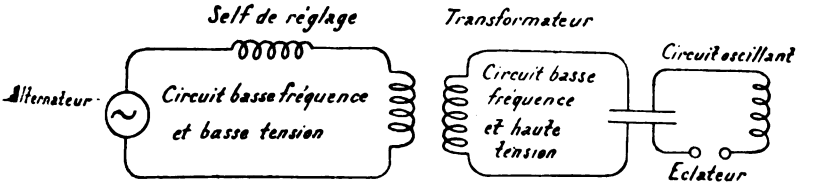



Fig. 9. — Charge au moyen du courant alternatif.

*Les procédés de charge du condensateur.* — Nous avons vu comment le condensateur se décharge. Dans les installations de grande fréquence, deux procédés de charge sont actuellement employés.

Ou bien on utilise dans ce but une source de force électromotrice à haute tension, accumulateurs ou dynamos, suivant le schéma ci-contre. La fréquence des étincelles est alors égale au

Digitized by Google

nombre de passages par seconde des saillies de l'éclateur tournant devant les électrodes fixes (fig. 8).

Ou bien on se sert d'un alternateur et, comme cette machine ne donne pas directement la différence de potentiel suffisante pour la charge, on intercale entre elle et le condensateur un transformateur. On s'arrange d'ailleurs pour que l'étincelle éclate à chaque demi-période de l'alternateur (fig. 9).

## Les méthodes à ondes entretenues.

Malgré les perfectionnements apportés, les ondes émises par les procédés précédents possèdent toujours un certain amortissement. Un inconvénient est que les signaux reçus ne peuvent être simplifiés par résonance au même titre que s'ils arrivaient sous forme d'ondes d'amplitude constante ou, comme on dit en radiotélégraphie, d'ondes entretenues ; ils sont également moins faciles à séparer des émissions de fréquences voisines. Un avantage supplémentaire des oscillations entretenues est que les amplitudes maxima de voltages dans les machines, appareils et antennes d'émission, étant constantes, sont moins grandes, à énergie égale, que dans le cas des oscillations amorties ; les isolements étant basés sur les voltages maxima sont donc moins difficiles à obtenir dans le premier cas, et une certaine économie, en même temps qu'une meilleure utilisation de la matière, est possible. Ces considérations ont conduit à chercher à se débarrasser de l'amortissement.

*Méthode à étincelles commandées.* — Un premier moyen consiste à superposer dans l'antenne les actions d'un certain nombre de circuits excitateurs agissant à intervalles réguliers, égaux, à une ou un petit nombre de périodes complètes du courant de haute fréquence (fig. 10).

Si, par exemple, le nombre de circuits est égal à 4 et que chacun d'eux induise dans l'antenne les courants amortis représentés sur les courbes successives de la figure ci-contre, les différentes actions ayant lieu à intervalles d'une période, le

Digitized by Google

résultat sera la production de l'oscillation continue représentée par la courbe inférieure.

*L'arc à haute fréquence.* — Un autre moyen de se débarrasser de l'amortissement consiste à employer un circuit à condensateur dont on compense les pertes, à chaque oscillation, par un apport d'énergie, ou, en d'autres termes, à annuler la résistance positive, qui dissipe l'énergie sous forme de chaleur, de rayonnement, etc., par une résistance négative productrice d'énergie. L'arc électrique est un type de ces résistances négatives (fig. 11). La caractéristique, ou courbe qui représente l'intensité du courant ou fonction du voltage aux bornes, a en effet la forme de la courbe ci-contre : une augmentation de la différence de potentiel produit une diminution de l'intensité du courant, et inversement, au contraire de ce qu'on constate avec un conducteur ordinaire. A l'inverse de celui-ci, l'arc possède donc une résistance négative qui, insérée dans un circuit à condensateur, pourra compenser les pertes. Et, de même que l'oscillation d'un pendule se poursuivrait indéfiniment si les pertes d'énergie produites par frottement dans le milieu ou au point d'attache étaient supprimées, de même notre circuit à condensateur, délivré de sa résistance, oscillera sans amortissement et l'on aura un moyen de produire des ondes entretenues.

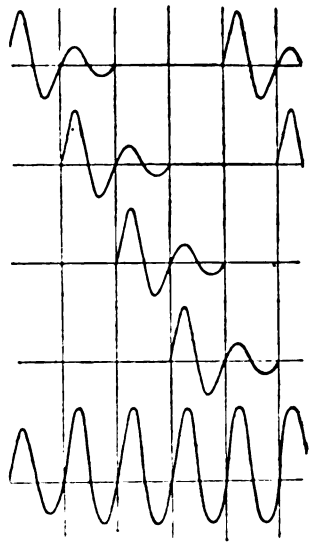


Fig. 10. — (Extrait du *Wireless World*).

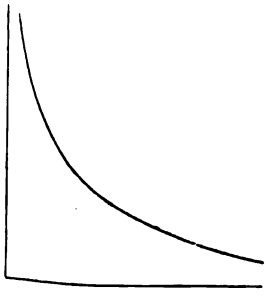


Fig. 11.

*Alternateurs à haute fréquence et multiplicateurs de fré-*

Digitized by Google

*quence.* — L'arc électrique étant excité par du courant continu, la méthode précédente est un moyen de transformer en énergie à haute fréquence l'énergie donnée sous forme de courant continu. On peut aussi partir de l'énergie mécanique ; c'est le problème qui est résolu dans les alternateurs. On connaît le principe de ces machines.

Considérons une spire conductrice F G H A B C qui tourne autour d'un axe O $O_1$, entre les pôles d'un aimant permanent N et S, et dont les extrémités aboutissent à deux bagues fixées sur l'axe de rotation. Sur ces bagues appuient deux balais reliés au circuit d'utilisation (fig. 12). Pendant sa rotation, la spire est le siège de phénomènes d'induction, et par conséquent est traversée par un courant qui reprend, évidemment, la même valeur chaque fois que la spire reprend la même position, donc est périodique et a une fréquence F égale au nombre de tours par seconde.

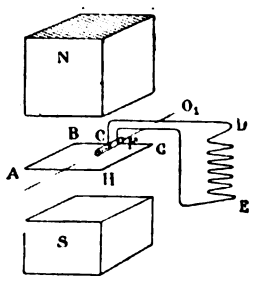


Fig. 12.

Dans la pratique, l'aimant permanent est remplacé par un électroaimant.

S'il y a, au lieu d'une paire de pôles, $n$ paires de pôles répartis sur une circonférence autour d'un axe O $O_1$, et alternativement positifs et négatifs, la fréquence F est multipliée par le nombre de paires de pôles.

$$F = N\,n$$

Soit, d'autre part, $a$ la distance entre deux pôles de même nom consécutifs, ou période, dans l'espace, de la variation du champ magnétique dans l'entrefer ; $u$ la vitesse de l'élément AB, HG de la spire.

On a :

$$2\,\pi\,R\,N = u$$
$$2\,\pi\,R = n\,a$$

d'où

$$F\,N\,n = \frac{u}{a}$$

Digitized by Google

On voit que les deux seuls moyens dont on dispose pour augmenter la fréquence sont: soit d'augmenter la vitesse relative des deux enroulements, soit diminuer le pas polaire *a*. On peut faire tourner l'inducteur, l'induit, ou tous les deux en sens contraire. Mais dans tous les cas on est rapidement arrêté dans l'augmentation de la vitesse par des considérations mécaniques de résistance des matériaux. La difficulté est d'autant plus grande que, dans le type d'alternateurs décrits ci-dessus, les pièces tournantes contiennent des enroulements, et, par conséquent, ne sont pas homogènes. Aussi pour les hautes fréquences emploie-t-on des machines dont le type est le suivant (Mordey) (fig. 13 et 14).

L'inducteur est une bobine à noyau de fer prolongé par deux épanouissements polaires portant chacun une couronne de dents, les dents de deux couronnes étant en regard. Toutes les dents

Fig. 13.

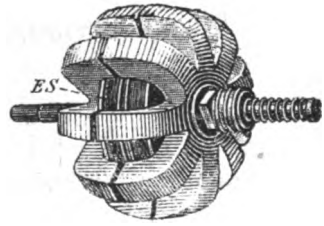



Fig. 14.

d'une même couronne sont amorties du même sens, celles de l'autre en sens contraire. L'induit est plat et disposé entre les deux couronnes. Quand l'inducteur est excité, la force magnétique est alternativement maxima et minima, les maxima étant au milieu des dents ; les minima au milieu des intervalles. Si l'inducteur tourne, chacun des points de l'induit est donc soumis à une force magnétique périodique qui produit un courant induit. Rien n'est d'ailleurs changé si l'enroulement inducteur restant fixe, le noyau et ses épanouissements polaires tournent seuls. Mais alors la pièce polarisée est tout entière homogène et l'on peut atteindre des vitesses périphériques de 300 et même 400 mètres par seconde. La difficulté résulte alors évidemment

Digitized by Google

de la nécessité d'équilibrer les masses tournant à des vitesses aussi considérables. On a ainsi pour des vitesses de 200 et 300 mètres et les fréquences 10.000, 20.000, 30.000, les pas polaires suivants (le pas polaire égale la distance des axes des deux pôles consécutifs dans cette catégorie de machines).

*Pas polaire en centimètres*

| | Vitesse périphérique (mètres par seconde) | | |
|---|---|---|---|
| | 200 | 300 | 400 |
| Fréquences.. 10.000... | 2 | 3 | 4 |
| Fréquences.. 20.000... | 1 | 1.5 | 2 |
| Fréquences.. 30.000... | 0.67 | 1 | 1.35 |

Et l'on voit qu'on arrive ainsi à des pas polaires parfaitement acceptables.

Toutefois, cette solution fut écartée jusqu'à une époque toute récente et l'on eut recours à ses artifices pour élever la fréquence du courant produit par les alternateurs.

La fréquence peut être élevée dans la machine même et nous trouvons un exemple de cette méthode dans l'alternateur Goldschmidt.

Elle peut être augmentée à l'extérieur de la machine, dans des appareils spéciaux dits transformateurs de fréquence.

Nous trouvons dans les stations existantes des exemples de ces deux procédés.

Quel que soit le procédé employé pour la production de la haute fréquence dans les appareils ou machines mettant en jeu des phénomènes d'induction (alternateurs, transformateurs de fréquence), ces organes devront comporter des noyaux de fer autour desquels seront enroulées des bobines. On sait que, dans la pratique, et même pour les courants alternatifs à basse fréquence de la technique industrielle usuelle, ces noyaux de fer sont composés de lames minces isolées les unes des autres pour éviter

Digitized by Google

la formation de courants de Foucault et la dissipation corrélative d'énergie sous forme de chaleur dans les pôles ; cette division du fer devra être poussée très loin dans le cas de la haute fréquence. Pour des fréquences d'ordre de 30.000 on emploiera les tôles les plus minces qu'il sera possible d'obtenir : 3 à 5 centièmes de millimètres d'épaisseur, et l'on cherchera les tôles au silicium les moins hystérétiques et les plus résistantes électriquement. Et, même dans ces conditions, il sera souvent nécessaire d'assurer le refroidissement des appareils et machines par des circulations d'eau ou d'huile.

Nous avons donné aussi sommairement que possible le principe des différentes méthodes utilisées pour la réalisation des radiocommunications à grande distance. Nous les retrouverons appliquées à des cas concrets, en passant successivement en revue les divers grands réseaux radiotélégraphiques actuellement en service :

Postes à étincelles amorties suivant la méthode de Wien (Compagnie Telefunken). Station de Funabashi (Japon). Postes à étincelles des stations de Sayville et de Nauen.

Postes à étincelles à courant alternatif et éclateur tournant sur les lignes Marconi transpacifique (San-Francisco-Honolulu) et transatlantique (New-Brunswick-Carnarvon) ; ainsi que le poste d'émission à étincelles de la National Electric Signaling Co installés à la station d'Arlington, appartenant à la marine américaine.

Postes à étincelles, à courant continu haute tension et éclateur tournant : ligne transatlantique Clifden-Glace-Bay de la Compagnie Marconi.

Postes à ondes entretenues, du système à étincelles commandées de Marconi, avec courant continu haute tension : Stations de Chatham, de Stavanger et de Carnarvon.

Postes à ondes entretenues produites par l'arc électrique : ligne transpacifique (San-Francisco-Honolulu) de la Federal Telegraph Co et réseau de la Marine américaine : Arlington, Darien (Panama), San-Diego, Paul Harbour (Honolulu) ; Cavite (Iles Philippines) Guam.

Digitized by Google

Postes à ondes entretenues produites par l'alternateur Goldschmidt (ligne Eilvese-Hanovre).

Postes à ondes entretenues produites par alternateurs et transformateurs de fréquence (ligne Nauen-Sayville).

## III. LES MÉTHODES DE RÉCEPTION

Les dispositifs de réception ont pour rôle essentiel de transformer l'énergie électrique reçue par l'antenne sous forme de courant de haute fréquence en énergie mécanique capable de mettre en mouvement l'appareil indicateur ou enregistreur qui, en pratique, est toujours la membrane d'un téléphone. En outre, ils doivent être tels qu'ils permettent la sélection des signaux utiles d'avec les émissions perturbatrices venant des stations voisines; enfin, ils doivent être très sensibles, en raison de la petitesse de la puissance reçue.

**Principes.** — *Les circuits d'accord.* — On profite tout d'abord de l'amplification et du pouvoir sélectif dus à la résonance en accordant le circuit d'antenne sur la fréquence à recevoir, au moyen de condensateurs et de selfs-inductions. On sait qu'un condensateur mis en série diminue la longueur d'onde, tandis qu'une self-induction l'augmente. On accroîtra encore, si c'est nécessaire, le pouvoir sélectif en adjoignant au circuit d'antenne, par l'intermédiaire d'un radiotransformateur à un ou deux enroulements, un circuit à condensateur (fig. 15 et 16).

*Le détecteur.* — Nous avons, dans les circuits ainsi réglés, de l'énergie à haute fréquence. Il s'agit de l'utiliser pour commander l'appareil indicateur. Mais la fréquence est beaucoup trop grande pour pouvoir vaincre les inerties mécanique et électromagnétique (celle-ci représentée par la self-induction) opposées par le téléphone aux variations très rapides du courant et aux mouvements très brusques; il est donc nécessaire d'intercaler entre les circuits de haute fréquence et l'appareil récepteur un organe qui transforme les courants de haute fréquence en courant de basse fréquence. Cet appareil est le détecteur.

Digitized by Google

Quelle que soit d'ailleurs sa nature il a pour caractéristique essentielle de rectifier les oscillations. Appliquons à ses bornes une

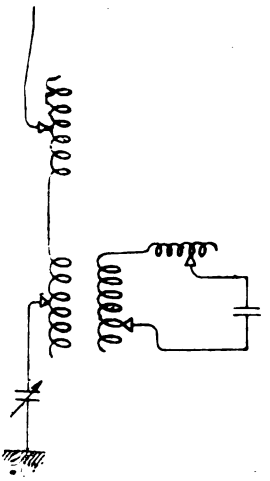


Fig. 15.

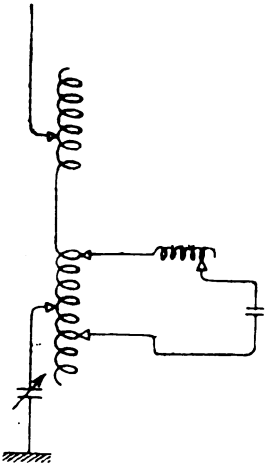


Fig. 16.

différence de potentiel alternative, représentée par la figure 17 *a*. Le courant qui traverse l'appareil a la forme indiquée (fig. 17 *b*): un emoitié des oscillations, par exemple la partie négative, est supprimée ou considérablement réduite, et le courant moyen, au lieu d'être nul, a la valeur I (fig. 17 *c*).

*Réception des ondes amorties. Réception des ondes entretenues.* — Si le poste de transmission émet des séries de trains d'oscillations amorties, les potentiels oscillants amortis (fig. 18 *a*) produits aux bornes des détecteurs produisent dans celui-ci des courants rectifiés amortis (fig. 18 *b*) dont les moyennes sont représentées (fig. 18 *c*). Les oscillations de haute fréquence de ces courants n'agiront pas sur le téléphone; mais les oscillations de basse fréquence que présente la courbe moyenne produiront une série d'impulsions, et le récepteur rendra un son de hauteur égale à la fréquence d'étincelles du poste de transmission.

Si les ondes sont entretenues, les circuits de réception seront parcourus par des oscillations d'amplitude constante (fig. 17 *a*) lesquels sont rectifiés par le détecteur (fig. 17 *b*) et agissent sur le

Digitized by Google

téléphone à la façon d'un courant continu (fig. 17 *c*). Dans ces conditions le téléphone ne rendrait aucun son. On emploie alors l'artifice suivant. Ajoutons au courant oscillant reçu par l'antenne,

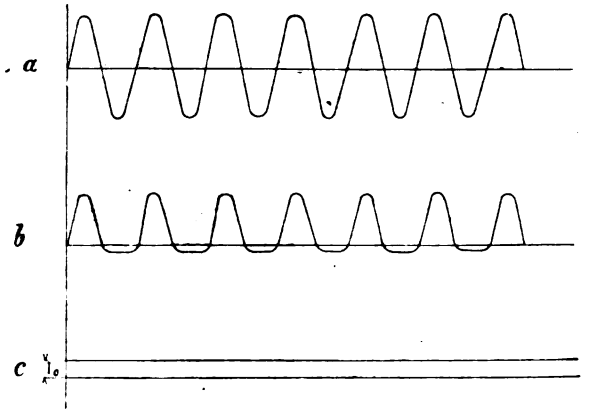



Fig. 17.

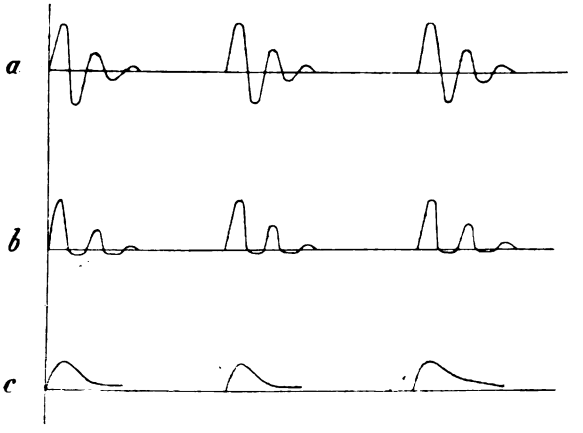



Fig. 18.

de fréquence 30.000 par seconde, par exemple (fig. 19 *a*), un courant alternatif provenant d'une source locale, et de fréquence 29.000 par exemple (fig. 19 *b*). Le résultat de la superposition est un courant alternatif dont l'amplitude variable éprouve des oscillations de fréquence égale à la différence des fréquences

Digitized by Google

composantes (fig. 19 *c*), soit, dans l'exemple actuel 30.000-29.000 = 1.000 périodes par seconde. Ces oscillations étant ensuite rectifiées par le détecteur (fig. 19 *d*) la valeur moyenne du courant rectifié éprouvera une série d'oscillations de fréquence 1000 (fig. 19 *e*) qui, agissant sur le téléphone, lui fera émettre un son de cette fréquence, c'est-à-dire parfaitement audible.

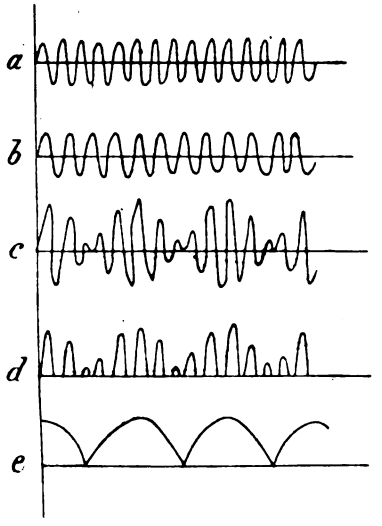


Fig. 19.

*Liaison du détecteur au circuit de haute fréquence.* — Il s'agit maintenant de relier aux circuits oscillants le détecteur. Cet appareil, tout en absorbant une quantité d'énergie notable, doit être réuni aux systèmes de haute fréquence de telle façon qu'il ne trouble pas notablement leur régime oscillant. Mais tous les détecteurs, sauf le détecteur magnétique qui n'est pas employé aux grandes distances, possèdent des résistances élevées et leurs indications sont d'autant plus grandes que les différences de potentiels maintenues à leurs bornes sont plus élevées. Ils ne pourraient donc être mis en série dans les circuits oscillants sans augmenter considérablement leur résistance et diminuer dans une forte proportion leur faculté de résonance et leur pouvoir sélectif. Ils ne peuvent donc qu'être placés en dérivation entre deux points où la différence de potentiel est élevée, et cela peut se faire soit directement en les mettant aux bornes d'un condensateur de circuit oscillant (fig. 20 et 21), soit indirectement par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur de tension, à un ou deux enroulements (fig. 22 et 23). Cette dernière disposition sera obligatoire quand le seul circuit oscillant employé est l'antenne puisque des deux points entre lesquels la différence de potentiel est maxima, l'un au moins, le sommet de l'antenne est inaccessible (fig. 24 et 25).

Digitized by Google

*Appareil récepteur.* — L'appareil récepteur est, en pratique, toujours un téléphone. S'il présente une résistance comparable à

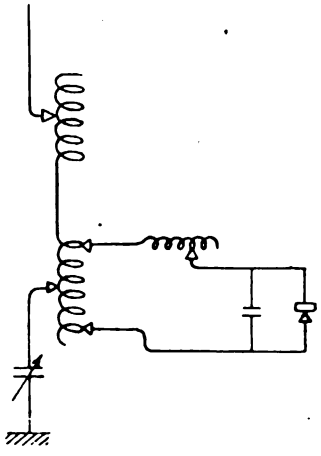


Fig. 20.

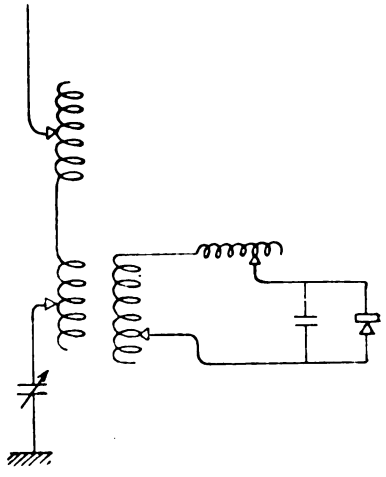


Fig. 21.

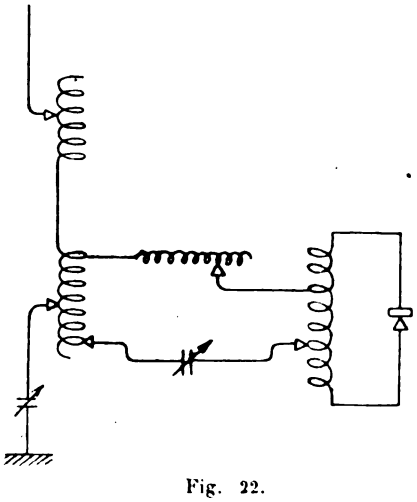


Fig. 22.

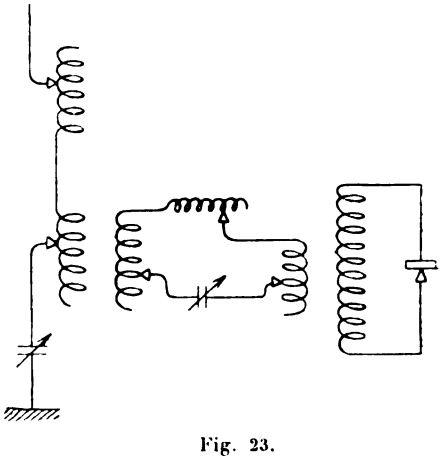


Fig. 23.

celle du détecteur c'est-à-dire la plupart du temps plusieurs milliers d'ohms au moins, il peut être mis en série avec lui (fig. 26). Si, au contraire, sa résistance est beaucoup plus faible, le même montage ne peut plus être utilisé : il conduirait à des pertes

Digitized by Google

dans le détecteur beaucoup plus importantes que l'énergie utilisée dans le téléphone (fig. 27). On relie alors le téléphone

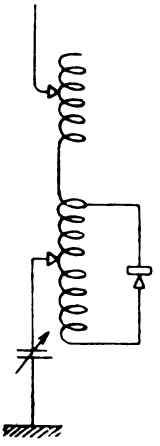


Fig. 24.

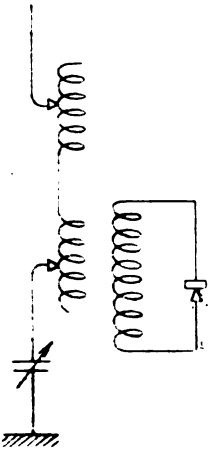


Fig. 25.

au circuit à détecteur par un transformateur à fréquence téléphonique. En outre, les signaux étant musicaux, il a intérêt à profiter encore des effets de résonnance en basse fréquence, en pla-

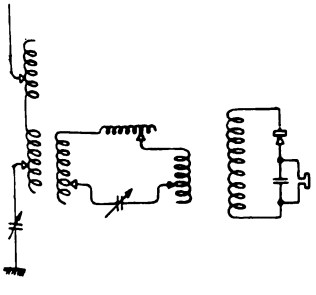


Fig. 26.

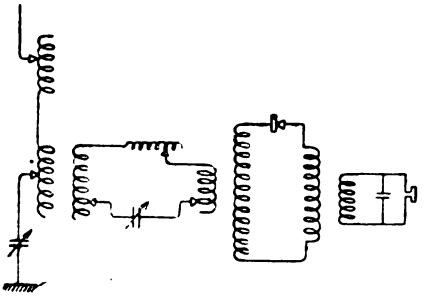


Fig. 27.

çant aux bornes du récepteur téléphonique un condensateur, les deux appareils formant un circuit oscillant dont on peut accorder la fréquence sur la note musicale employée.

*Amplificateurs.* — Enfin, si l'intensité des signaux n'est pas suffisante, il est possible de l'amener à la valeur convenable au



Digitized by Google

moyen de dispositifs amplificateurs intercalés soit dans les circuits de haute fréquence, soit dans les circuits de fréquence téléphonique.

**Résumé**. — En somme les circuits de l'installation de réception doivent comporter, en outre du récepteur proprement dit, des appareils remplissant les trois rôles suivants :

1° Détecteurs pour la rectification des courants de haute fréquence ;

2° Générateurs de courants de haute fréquence, pour l'application de la réception par la méthode des battements dans le cas des ondes entretenues ;

3° Amplificateurs ;

Toutes ces fonctions sont actuellement remplies par les lampes à trois électrodes.

**Application des propriétés des lampes à trois électrodes à la réception à grande distance.** — Une lampe à trois électrodes contient, dans une ampoule de verre où l'on a fait le vide, un filament qu'on peut porter à l'incandescence au moyen d'une batterie d'accumulateurs, une plaque parallèle au filament, et une grille, ordinairement en forme de spirale ou de zigzag placée entre ces deux éléments (fig. 28). Supposons la grille portée à un potentiel positif égal à 80 volts par exemple par rapport au filament dont nous prendrons la borne positive comme zéro de potentiel. Le filament incandescent émet dans l'espace des électrons ou corpuscules négatifs. Si la grille n'existait pas, la plaque positive attirerait ces électrons, et un courant, dirigé en sens inverse de leur mouvement, traverserait le circuit filament plaque. Supposons au contraire la grille fortement négative. Elle repousse énergiquement les électrons émis par le filament ; aucun

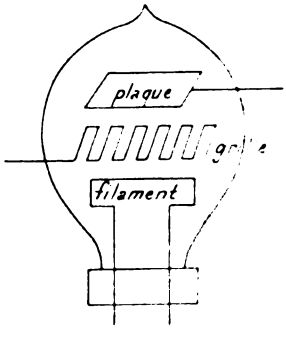


Fig. 28.

Digitized by Google

d'eux ne peut traverser les interstices pour aller vers la plaque, et il n'y a de courant ni dans le circuit filament plaque ni dans le circuit filament grille. Si le voltage négatif de la grille diminue progressivement, elle repousse de moins en moins énergiquement les électrons. Quelques-uns de ceux-ci peuvent traverser la grille, un courant de plus en plus intense passe dans le circuit plaque. Quand le potentiel de la grille devient inférieur à celui de certaines parties du filament, elle attire quelques électrons et un

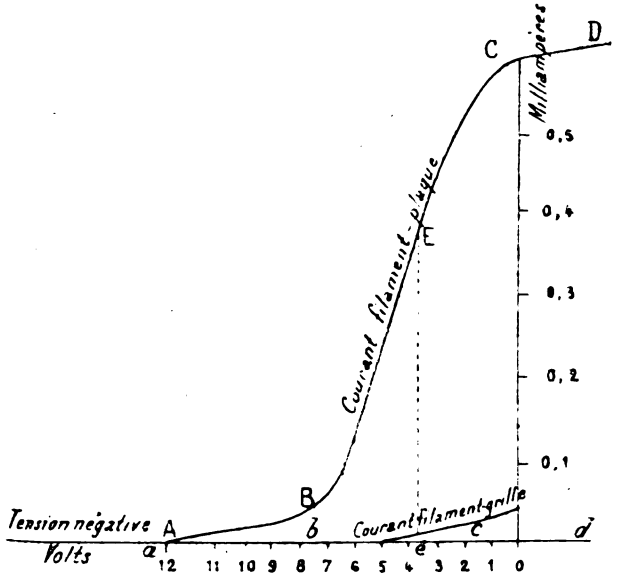



Fig. 29. — Caractéristiques d'une lampe à trois électrodes.

courant passe également dans le circuit grille, tandis qu'une partie de plus en plus grande des électrons attirés passe à travers les interstices et va frapper la plaque, augmentant le courant dans le circuit filament plaque. La fig. 29 représente les courants dans le circuit filament plaque et le circuit filament grille pour les diverses valeurs du voltage appliqué à la plaque: ces courbes sont ce qu'on appelle les caractéristiques de la lampe. A chaque valeur du chauffage du filament et de la différence de potentiel positive appliquée à la lampe, correspond un groupe de

Digitized by Google

caractéristiques déterminé. La courbe filament plaque présente une partie à peu près droite B C, très inclinée sur la verticale, encadrée de deux parties moins inclinées A B, C D.

*Utilisation des lampes comme amplificateurs.* — Supposons la grille portée à un potentiel constant *e*, correspondant à un point E de la partie droite de la caractéristique et superposons au potentiel *e* un potentiel de faible amplitude. A chaque variation, même faible, du potentiel de la plaque correspond, en raison de la pente accentuée de la caractéristique, une variation importante du courant dans le circuit plaque, variation proportionnelle à la première, puisque la courbe est sensiblement droite dans la région considérée. Il y a donc amplification, sans déformation, des oscillations du circuit grille. C'est le principe de l'emploi des lampes comme amplificateur. La figure 30 représente un des montages employés.

*Utilisation des lampes comme détecteurs.* — Supposons au contraire que nous appliquions à la grille le voltage O *b* qui correspond au point B de la caractéristique. Superposons au voltage O *b* une oscillation de faible amplitude, les variations du courant dans le circuit plaque sont beaucoup moins grandes pendant les demi-oscillations négatives du potentiel alternatif que pendant ses demi-oscillations positives. Autrement dit, le courant dans le circuit plaque est rectifié, et l'appareil peut, par conséquent, être employé comme détecteur. Le montage est celui de la fig. 31.

*Utilisation des lampes comme générateurs d'ondes entretenues.* — Examinons maintenant un montage tel que celui de la fig. 32 dans lequel l'un au moins des deux circuits, de la plaque ou de la grille, est capable d'oscillations, et où l'on provoque, par des liaisons inductives ou autres, des réactions réciproques des deux circuits. Dans le cas de la fig. 32 par exemple, la grille est réunie à un circuit oscillant et les deux circuits de la plaque et de la grille sont reliés par un transformateur. Dans ces conditions, supposons que le circuit oscillant relié à la grille soit le siège d'oscillations. Si aucune énergie n'était fournie au circuit, ces oscillations s'amortiraient du fait des pertes, sous forme de

Digitized by Google

chaleur ou autrement. Mais du fait de l'action amplificatrice de la lampe, ces oscillations se reproduisent avec une plus grande ntensité, dans le circuit plaque, l'énergie de ces variations am-

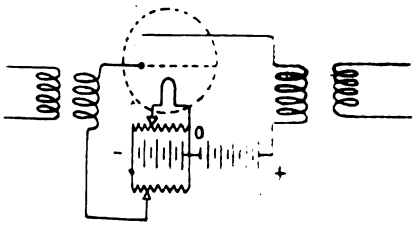


Fig. 30. — Montage en amplificateur.

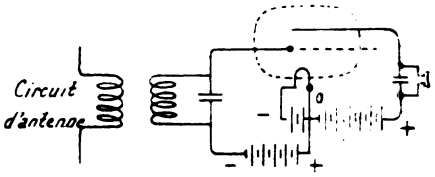



Fig. 31. — Montage en détecteur.

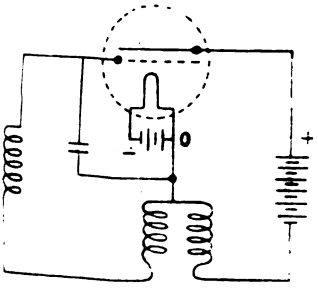


Fig. 32. — Montage en générateur.

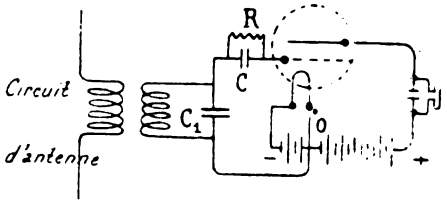



Fig. 33. — Montage en détecteur-amplificateur.

plifiées étant empruntée à la batterie de piles de ce circuit ; par l'effet du transformateur une partie de cette énergie est transmise au circuit grille, et, si le couplage est suffisant, cette quantité d'énergie peut compenser les pertes dans ce circuit, de sorte que, la résistance étant annulée, les oscillations s'entretiennent d'elles-mêmes, suivant un mécanisme que nous avons déjà rencontré à propos de l'arc à haute fréquence. La lampe à trois électrodes fonctionne dans ces conditions comme générateur d'oscillations.

*Montages combinés.* — Tels sont les montages élémentaires de la lampe à trois électrodes. On emploie le plus souvent dans la pratique des dispositifs plus complexes, de façon à faire remplir à la fois par une même lampe plusieurs fonctions, détecteur et amplificateur, par exemple ; ou encore, de manière à ajouter à la

Digitized by Google

fonction détectrice une amplification multipliée ou enfin en ajoutant à ces deux rôles celui de générateur d'oscillations entretenues. Nous indiquerons rapidement quelques-uns de ces montages les plus employés.

*Montage détecteur-amplificateur.* — Considérons d'abord celui de la fig. 33 dans lequel un condensateur *c*, de très petite capacité shunté par une résistance très élevée R est placé entre le

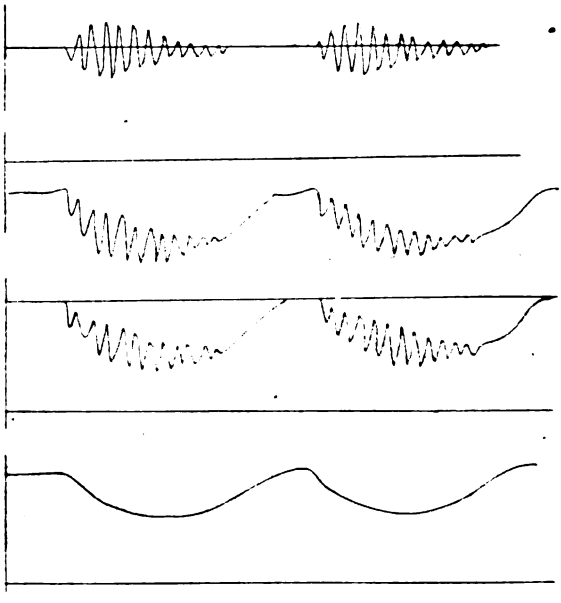


Fig. 34.

circuit oscillant et la grille ; nous allons voir alors qu'un effet détecteur se superpose à une action amplificatrice. Quand il n'y a pas d'oscillations dans le circuit à condensateur, l'armature du condensateur *c* reliée à la grille prend un potentiel négatif *e* inférieur au potentiel négatif maximum du filament. Supposons (fig. 34) maintenant qu'un train d'oscillations soit excité dans le circuit à condensateur. En raison de la forme de la caractéristique du circuit filament grille, la variation positive du courant dans ce circuit provoquée par la première demi-oscillation positive du potentiel aux bornes du condensateur $C_1$ est beau-

Digitized by Google

coup plus grande que la variation négative du courant due à la demi-oscillation négative suivante, de sorte que, à la fin de la période, de l'électricité négative s'est accumulée sur l'armature du condensateur *c* reliée à la grille, et que le potentiel négatif de celle-ci a augmenté. Le même phénomène se reproduit à l'oscillation suivante, de sorte que les oscillations successives de la grille ont des potentiels progressivement décroissants jusqu'à ce que la région où le courant grille est nul quel que soit le sens de la variation du potentiel de la grille étant atteinte, la valeur moyenne du potentiel grille reste constante. Le potentiel grille a pendant ce temps éprouvé les variations représentées par la fig. 34 *b*. Ces variations sont reproduites avec amplification dans le circuit plaque (fig. 34 *c*). Quand le train d'oscillations cesse, les choses reviennent en l'état primitif par suite de la présence de la résistance R, qui court-circuite le condensateur pour les courants de basse fréquence. Le courant moyen dans le circuit plaque ayant varié comme l'indique la fig. 34 *d* le téléphone a reçu une impulsion et le dispositif a joué à la fois les rôles de détecteur et d'amplificateur.

*Montage-détecteur-amplificateur multiple* (fig. 35). — On peut augmenter dans de grandes proportions l'amplification. Ajoutons dans le montage précédent un transformateur entre le circuit plaque et le circuit grille. Les signaux incidents engendrent dans le circuit grille des oscillations qui se répètent en s'amplifiant dans le circuit plaque en y produisant des oscillations dont l'énergie est empruntée à la batterie B. Par l'intermédiaire du transformateur, une partie de cette énergie est transférée au circuit grille dont elle renforce les oscillations, qui s'amplifient à nouveau dans le circuit plaque, et ainsi de suite, par amplifications successives, l'intensité des signaux dans le circuit

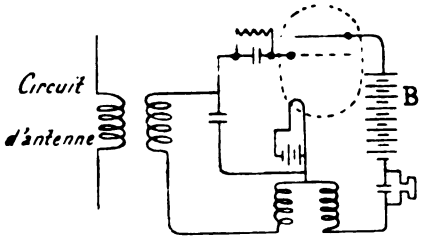


Fig. 35. — Montage en récepteur d'ondes entretenues.

Digitized by Google

grille est finalement augmentée dans une proportion considérable. En même temps, le dispositif joue son rôle détecteur. Le potentiel négatif du condensateur C augmente, pendant les oscillations, comme dans le montage précédent ; mais l'énergie en jeu n'est plus celle des oscillations primitives, mais celles qui ont été l'objet de l'amplification multipliée dont nous venons d'expliquer le mécanisme ; de sorte que, finalement, l'intensité des signaux dans le téléphone est, elle aussi, considérablement augmentée, par rapport à celle qu'on obtenait dans le montage précédent.

*Montage détecteur-amplificateur multiple-générateur.* — Serrons davantage le couplage du transformateur qui relie les deux circuits de la plaque et de la grille. Nous avons dans notre montage actuel tous les éléments que nous avons trouvés déjà dans la fig. 32 de sorte que notre dispositif peut produire des oscillations entretenues. Et nous avons réuni dans un même appareil à une seule lampe, la fonction détectrice, l'amplification, d'ailleurs considérablement plus grande que dans le montage primitif; et enfin la production des ondes entretenues. Ce sont les trois éléments dont, ainsi que nous l'avons vu, nous avons besoin pour la réception à grande distance des ondes entretenues.

L'intensité des signaux obtenus dans ces conditions peut être mille fois plus grande ou davantage encore que celle qu'on aurait avec un détecteur à lampe sans amplification et sans l'emploi de la méthode des battements.

**Réalisations techniques des montages à lampes et des dispositifs d'accord.** — Alors qu'en France le montage de la figure est plus employé, les dispositifs plus compliqués n'étant pas en usage général, et qu'on sépare volontiers les fonctions détectrices, amplificatrices et génératrices pour les faire remplir par des lampes distinctes, montées souvent dans des appareils distincts, il n'en est pas de même en Amérique, où les montages les plus employés servant à la réception des grands postes sont du genre de celui de la fig. 35, où l'action détectrice est liée à une amplification multipliée par la réaction du circuit plaque sur le circuit grille. On rencontre d'ailleurs plusieurs variétés de ce montage,

Digitized by Google

la variation pouvant être assurée par liaison inductive, par capacités, par résistance ou par des combinaisons de liaisons de diverses sortes. Les mêmes montages sont employés pour la réception des ondes entretenues avec une liaison plus serrée assurant la production locale des courants de haute fréquence.

Dans plusieurs cas, d'ailleurs, on ajoute aux dispositifs ainsi constitués des amplificateurs agissant soit sur le circuit de haute fréquence, soit sur celui de basse fréquence.

Fig. 36. — Montage en amplificateur.

L'un des appareils les plus employés en Amérique, celui qui est construit par l'inventeur de la lampe à trois électrodes, Lee de Forest comporte par exemple des appareils permettant de réaliser à volonté, l'un des trois montages des figures 33, 35 et 36 :

A cette boîte à lampes sont associés d'une part, le récepteur téléphonique avec son condensateur, d'autre part la boîte d'accord qui comprend les condensateurs et selfs du circuit d'antenne, les circuits d'accord, et les radiotransformateurs.

Les dispositifs possibles de réception, réunissant un quelconque des montages d'accord que nous avons donnés, à l'un quelconque des montages de lampes, sont en nombre considérable. Nous avons, par exemple en associant les montages fig. 15 et fig. 33 le dispositif suivant qui est très souvent employé en Amérique (fig. 37).

**Réception auditive et réception enregistrée.** — Nous avons dit que l'appareil de réception est toujours un récepteur téléphonique. Il est employé seul tant que la vitesse n'est pas trop grande. Et il est à noter que, les Américains traduisant ordinairement immédiatement les signaux sur la machine à écrire, atteignent une vitesse de réception plus grande que la nôtre, soit ordinairement 30 mots au lieu de 20 à la minute, ce qui augmente dans une grande proportion le rendement de ce mode d'exploitation. Dans le cas de la transmission automatique à grande

Digitized by Google

vitesse (70 à 100 mots à la minute actuellement), la réception auditive n'est plus possible, et il faut enregistrer les signaux. Cela se fait de la façon la plus simple, en faisant agir les sons émis par le téléphone sur le rouleau d'un phonographe ou le fil d'un télégra-

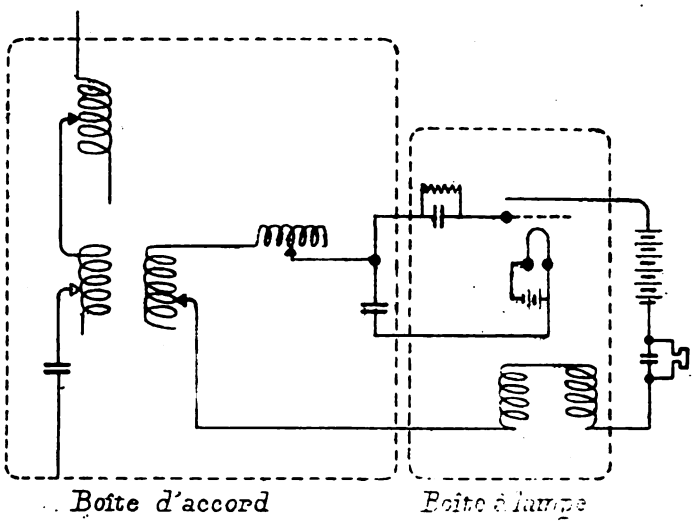



Fig. 37. — Boîte d'accord. Boîte à lampe.

phone. Ces appareils enregistrent les signaux à une grande vitesse puis, déroulés ensuite plus lentement, les rendent à une vitesse moindre, à laquelle la réception auditive est possible. Je rappelle en passant le principe du télégraphone :

Si un fil d'acier passe devant les pôles d'un téléphone en fonctionnement, l'état magnétique de la partie en regard du téléphone est changé à chaque instant suivant les variations du courant téléphonique, de sorte que le son émis par le téléphone s'imprime en quelque sorte dans le fil. Quand l'enregistrement est fini, et qu'on fait passer le fil devant un téléphone relié à un deuxième servant d'écouteur, le phénomène inverse se produit. Il se produit dans le circuit des courants qui varient suivant l'état magnétique des différents points et qui rendent, par conséquent, dans le téléphone récepteur le son enregistré.

Digitized by Google

## 3° RÉSEAUX A GRANDE DISTANCE DES COMPAGNIES MARCONI

### I. — Composition.

Le réseau Marconi de radiocommunications transocéaniques comprend actuellement les lignes suivantes :

1° Ligne du Pacifique, avec les stations de San-Francisco (poste de transmission à Bolinas, poste de réception à Marshall) ; et de Honolulu (poste de transmission à Kahuku, poste de réception à Cocohead) correspondant avec la station japonaise de Funabashi.

2° Deux communications avec l'Angleterre, l'une par les deux stations correspondantes de Glace-Bay (Nouvelle-Écosse, Canada) (poste de transmission à Glace-Bay, poste de réception à Louisbourg) et de Clifden (Irlande) (poste de transmission à Clifden, poste de réception à Letterfrack) ; l'autre par les deux stations de New-Brunswick (New-Jersey) près de New-York (poste de transmission à New-Brunswick, poste de réception à Belmar) et de Carnarvon (pays de Galles) (poste de transmission à Carnarvon, porte de réception à Towyn.

3° Ligne de la Norvège, par les stations de Chatham (poste de transmission à Marion, poste de réception à Chatham (cap Cod) et de Stavanger (poste de transmission à Naerbo, poste de réception à Stavanger) (pas encore en service).

Les caractéristiques générales sont les suivantes : Installations faites en vue du service duplex, et du service simultané dans toutes les directions utiles si les stations ont plusieurs correspondants ; antennes Marconi en nappes horizontales ; quant au système de production de la haute fréquence, il diffère suivant les stations : on trouve le système à étincelles, à alternateur musical et éclateur synchrone dans les postes de Kahuku, Bolinas New-Brunswick, Carnarvon ; le système à courant continu haute tension et éclateur tournant dans ceux de Clifden et Glace-Bay ; le système à ondes entretenues, à étincelles commandées et éclateur tournant multiple à Chatam et Stavanger.

Digitized by Google

Nous allons maintenant décrire avec plus de détail les différents éléments des stations.

## II. — Emplacements.

L'emplacement est choisi en terrain bas et marécageux, au bord de la mer, ou près d'une rivière, ou d'une baie en communication directe avec la mer. S'il n'est pas possible de réaliser ces conditions, il faut au moins que le poste de transmission soit construit sur un sol humide, et l'on donne une plus grande importance à la prise de terre.

## III. — Antennes.

*Principe de l'antenne Marconi.* — Toutes les antennes sont du type horizontal Marconi. Elles sont constituées, en principe, de nappes de grande longueur, constituées par des fils horizontaux parallèles, soutenus par des pylônes à une grande hauteur au-dessus du sol. La longueur des fils est au moins cinq fois la hauteur des pylônes, et souvent beaucoup plus. Ces antennes possèdent, en raison de leur forme particulière, la propriété de rayonner dans des proportions variables suivant les directions, autrement dit, d'être dirigées. Cet effet, très marqué au voisinage des antennes, dans le cas de l'émission, semble disparaître à grande distance. A la réception, certaines directions sont nettement favorisées quelle que soit la distance du correspondant.

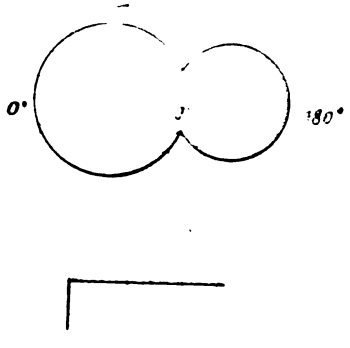


Fig. 38.

Si l'on trace sur un diagramme polaire, l'intensité du champ dans le cas de l'émission, ou l'intensité captée dans le cas de la réception, pour les différentes directions, on obtient une courbe du genre de la figure ci-dessus (fig. 38).

Digitized by Google

On constate un maximum absolu quand la nappe est dans la direction du correspondant, l'extrémité réunie aux appareils étant tournée vers celui-ci, et une valeur beaucoup moins grande dans la direction opposée. On a en outre des minima très marqués dans les directions à peu près perpendiculaires à la nappe. D'où, dans l'utilisation de ces antennes, cette règle, qu'elles doivent être construites dans la direction du correspondant, le côté appareil étant tourné vers lui.

*Antennes et prises de terre pour la transmission.* — Dans le cas des antennes de transmission, des nappes de grande longueur de l'ordre de 200 mètres, à fils multiples (32 fils dans l'antenne normale), sont utilisées. Quant à la hauteur des pylônes et à la longueur des fils, elles sont d'autant plus grandes que les distances à franchir sont plus considérables. C'est ainsi que l'antenne de Glace-Bay (3.590 kilomètres), portée par trois pylônes de 67 mètres de hauteur et 9 mâts de 56 mètres, a une longueur de 850 mètres environ ; celle de Bolinas (portée 4.000 kilomètres) comporte 8 pylônes de 100 mètres, et une nappe de 600 mètres environ ; celle de Carnarvon qui correspond avec l'Amérique à 5.300 kilomètres de distance, est supportée par 10 pylônes de 121 mètres, et ses fils ont une longueur de 1.100 mètres ; quant à l'antenne japonaise d'Honolulu (portée 6.600 kilomètres), elle est constituée par une longue nappe de plus de 1.500 mètres, soutenue par 12 pylônes de 137 mètres de hauteur.

Les pylônes sont du type Marconi, ce sont des mâts tubulaires en acier, formés de sections de 3 mètres de longueur environ superposées et réunies entre elles par des boulons (fig. 39 et 43).

Ils sont soutenus par des haubans coupés en sections isolées pour éviter l'absorption des ondes.

Les figures 40, 41 et 42 donnent des indications sur les détails de construction des antennes, qui sont les mêmes pour toutes les stations. Elles représentent les antennes de la station de Bolinas (Californie). Cette station comporte une antenne de réception à deux fils, supportés par 4 pylônes, destinée à assurer les réceptions en cas d'avarie survenant à l'installation normale de Marshall, et une antenne d'émission, destinée au trafic avec

Digitized by Google

Honolulu, formée par une nappe de 32 fils parallèles divisés en 4 groupes fig. 40 et soutenus par 3 câbles transversaux supportés par 8 pylônes. Les câbles des deux extrémités, travaillant davantage, sont portés par trois pylônes au lieu de deux. Les fils

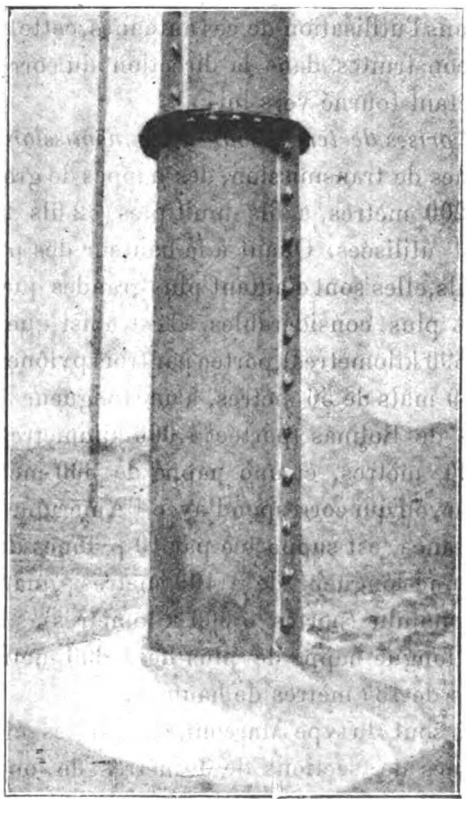


Fig. 39. — Base d'un pylône Marconi.
(Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

sont isolés des câbles porteurs par des tubes en porcelaine. Le mode d'isolement et d'attache de la partie descendante, le type d'entrée de poste, sont visibles sur la fig. 42.

A l'extrémité opposée au poste, chaque fil est équilibré par un système qui maintient sa tension constante.

Le mode normal de prise de terre est le suivant : Du milieu du

Digitized by Google

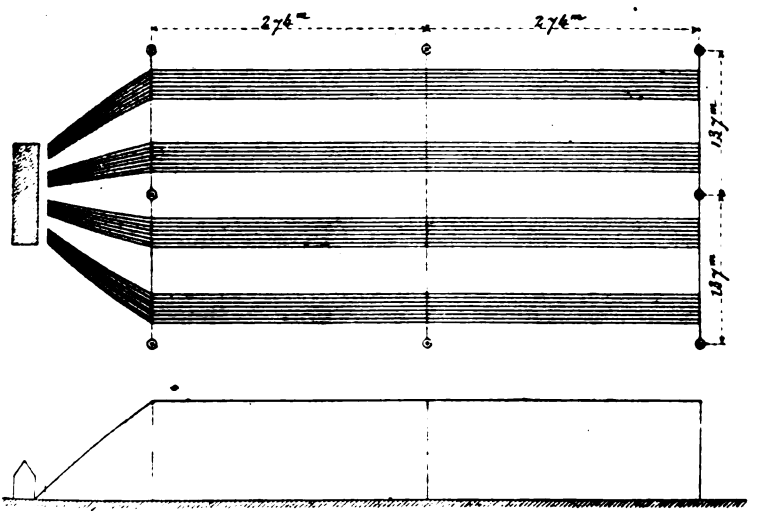



Fig. 40. — Antenne de la station Marconi de Bolinas.

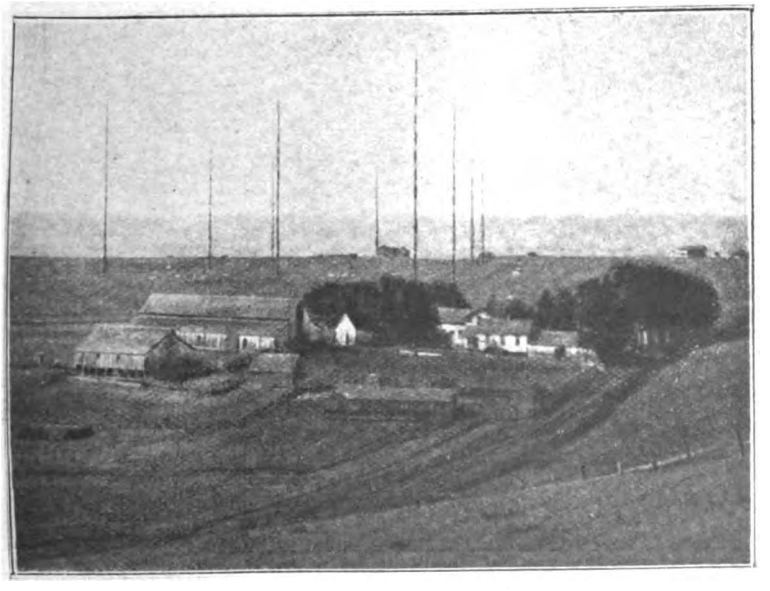


Fig. 41. — Station Marconi de Bolinas.
(Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

Digitized by Google

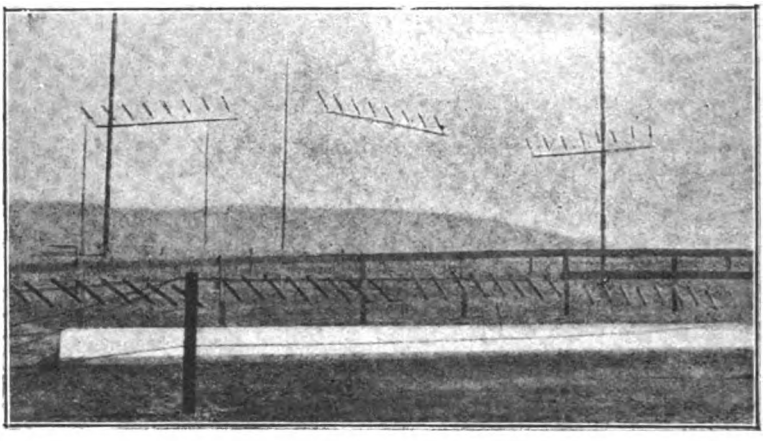


Fig. 42. — Station Marconi de Bolinas.
Attaches inférieures d'antennes.
(Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

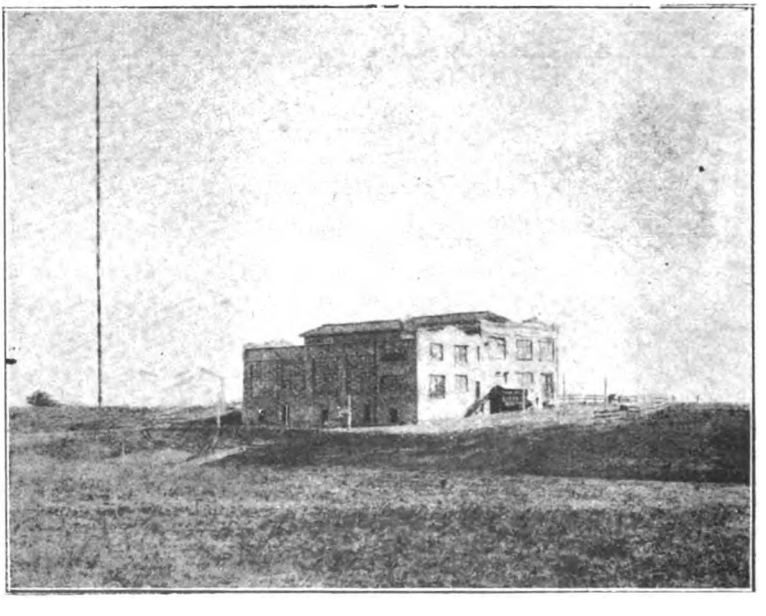


Fig. 43. — Station Marconi de Bolinas.
Poste de transmission.
(Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

Digitized by Google

circuit oscillant comme centre partent 224 câbles de cuivre, réunis en 8 groupes qui traversent les murs du bâtiment du poste dans des manchons isolants, puis vont s'attacher au sommet de 8 poteaux répartis sur une circonférence de 24 mètres de rayon (fig. 43). Là, les câbles se séparent, puis s'enfoncent dans la terre en

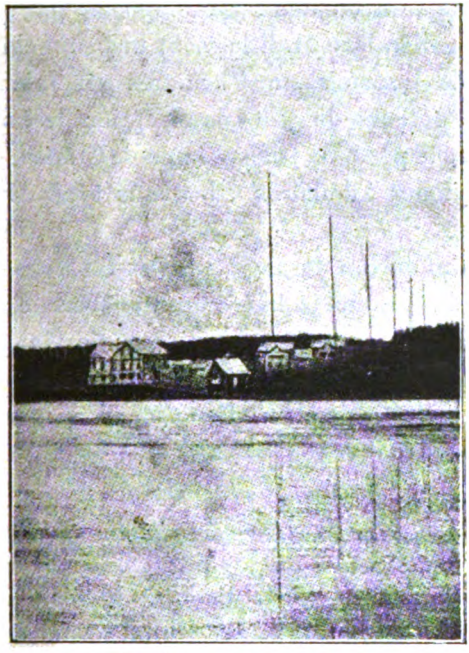


Fig. 44. — Station Marconi de réception de Louisbourg.
(Extrait du *Wireless World*).

rayonnant, et vont se souder à des plaques de zinc enfouies verticalement dans le sol et réunies ensemble de façon à former une vaste circonférence de 30 mètres de rayon. De cet anneau rayonnent 112 câbles de cuivre terminés chacun par une plaque de zinc de 10 mètres sur 6, enfouie verticalement dans le sol. Au delà de ces plaques, du côté de l'antenne, la prise de terre est prolongée par des fils parallèles à l'antenne, et s'étendant au delà de celle-ci. Les conditions locales amènent généralement de légers changements. Par exemple, l'emplacement de la station de New-



Digitized by Google

Brunswick est à proximité de la rivière Raritan et est traversée par un courant d'eau relié à cette rivière par des rigoles. On a enfoui les plaques de zinc dans le lit du ruisseau afin d'obtenir, pour la prise de terre, une communication directe avec la mer.

*Antennes et prises de terre pour la réception.* — Les antennes de réception sont également du type Marconi en ⌐¯¯ mais elles ne comportent qu'un ou deux fils supportés par une rangée de pylônes, 5 à 7 généralement. Elles sont un peu moins élevées que les antennes de transmission, 91 mètres généralement. La fig. 44 représente l'antenne du poste de réception de Louisbourg qui correspond avec le poste de transmission de Clifden. Elle est portée par six pylônes tubulaires à haubans type Marconi de 91 mètres de haut.

Les terres sont encore formées par des fils rayonnant autour de la station de réception et fixées à un anneau de 15 mètres de rayon formé de plaques de zinc enfouies verticalement dans le sol et soudées entre elles. De cet anneau partent des fils terminés par des plaques de zinc qu'on enfouit dans un marais ou dans un cours d'eau voisin.

### IV. — Dispositifs pour la réalisation du service en duplex.

Toutes les stations à grande distance Marconi sont, comme nous l'avons vu, établies de façon à pouvoir faire le service en duplex. Dans ce but, les deux postes de transmission et de réception d'une même station sont séparés, à une distance qui est ordinairement de 30 kilomètres environ, et, dans le cas de la station de Carnarvon, va jusqu'à 110 kilomètres, pour des raisons locales. La condition essentielle est que le poste de réception puisse recevoir de son correspondant travaillant à grande distance, tandis que le poste d'émission transmet, et, pour cela, il faut que le poste de réception n'entende pas les signaux émis par le poste de transmission voisin. Deux moyens sont utilisés concurremment dans ce but. Tout d'abord, on règle les deux stations d'émission correspondantes à deux longueurs d'onde différentes, de manière que, le poste de réception ayant à écouter des signaux

Digitized by Google

d'une longueur d'onde différente de celle qu'émet le poste voisin, puisse, en utilisant toutes les ressources de la syntonie, diminuer l'intensité des signaux qui en viennent. On utilise en outre les propriétés directives des antennes. Nous avons vu en effet que l'antenne de Marconi reçoit avec l'intensité maxima les signaux qui arrivent dans sa direction, en venant du côté relié aux appareils, et avec une faible intensité ceux qui arrivent de la direction perpendiculaire L'antenne de réception est naturellement orientée dans la direction de son correspondant (fig. 45). Établis-

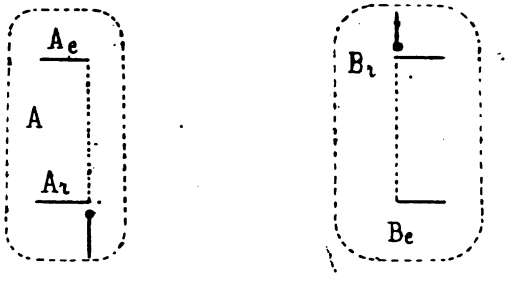



Fig. 45. — Schéma d'une installation duplex d'antennes Marconi.

sons alors les deux postes qui font partie d'une même station de telle sorte que la droite $A_e$ et $A_r$ qui relie les deux postes soit perpendiculaire aux deux antennes de $A_e$ et $A_r$ : les émissions qui viennent de $A_e$ en $A_r$ sont réduites au minimum par l'action directive des antennes et cet effet s'ajoute à celui de la syntonie. On va encore plus loin et l'on arrive à annuler complètement les signaux venant du poste d'émission par le procédé suivant : installons au poste de réception $A_r$ une deuxième antenne dirigée, dite antenne de compensation, beaucoup plus basse que l'antenne normale et établie perpendiculairement à celle-ci de façon à avoir sa direction de réception optima vers $A_e$.

Opposons ensuite dans les enroulements récepteurs les effets des deux antennes et réglons les enroulements réunis à l'antenne de compensation de telle façon que, son effet s'opposant exactement, pour les signaux venant de l'antenne d'émission, à l'effet de l'antenne normale, ces signaux sont complètement annulés.

Digitized by Google

Quant aux signaux venant des correspondants, comme ils sont très faibles dans l'antenne de compensation, en raison de l'action directrice de celle-ci et de la différence des longueurs d'onde, ils sont affaiblis dans une proportion insignifiante ; de telle sorte que le fonctionnement du système en duplex est assuré dans de bonnes conditions.

L'antenne de compensation est formée d'un fil horizontal tendu au-dessus du sol, à une distance de 30 mètres. Généralement, sa longueur, de l'ordre de 2 kilomètres, varie avec la longueur d'onde. La fig. représente l'antenne de compensation de la station de Louisbourg.

En somme, chaque station équipée pour travailler en duplex comprend :

Un poste de transmission ;

Un poste de réception, éloigné à 30 kilomètres environ de l'émission, et comprenant une antenne normale pour la réception du correspondant et une antenne de compensation des signaux venant du poste de transmission.

Enfin, les deux postes transmission et réception sont réunis par une liaison télégraphique par laquelle la manipulation est faite à partir du poste de réception ; le poste de transmission n'étant plus, dans cette combinaison, qu'un relais gigantesque qui transforme les signaux télégraphiques d'un milliwatt de puissance, en émission radiotélégraphique de 100 kilowatts.

### V. — Stations multiples.

Certaines stations, comme celle d'Honolulu, qui est l'intermédiaire entre le Japon et l'Amérique, ont à travailler avec deux ou plusieurs autres. On s'arrange alors non seulement pour que, sur chaque ligne, le trafic se fasse en duplex, mais encore pour que les deux lignes puissent travailler simultanément, indépendamment l'une de l'autre. Pour faire comprendre la façon d'y arriver, je décrirai les dispositions prises à Honolulu (fig. 46). Là encore, le poste de transmission et le poste de réception sont complètement séparés. Mais le poste de transmission établi à Kahuku,

Digitized by Google

à environ 48 kilomètres d'Honolulu, comporte deux installations complètes, avec machines, appareils et antennes distinctes, l'une affectée au travail avec le Japon, l'autre au travail avec l'Amérique (fig. 47). L'antenne dirigée vers le Japon est constituée par une nappe de fils de 1.500 mètres de long et est portée par 12 pylônes de 137 mètres de hauteur. Celle qui travaille avec Honolulu a 1370 mètres de longueur et est portée par 12 pylônes de 91 mètres.

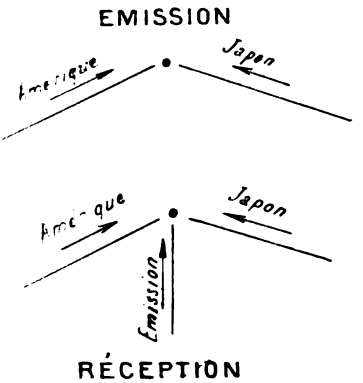


Fig. 46.

Le poste de réception établi à Cocohead, à environ 14 kilomètres à l'ouest d'Honolulu, comporte également deux installations complètes, avec antennes distinctes, dirigées, spécialisées pour les directions du Japon et d'Amérique et une antenne de compensation. La première est supportée par trois pylônes qu'on voit à droite sur la figure 48 ; deux de 91 mètres de hauteur, et un moins élevé planté au haut d'une colline, à grande distance des deux premiers. La deuxième, qui correspond avec l'Amérique, est portée par cinq pylônes en ligne droite de 91 mètres de hauteur. L'antenne de compensation, soutenue par des pylônes de 30 mètres de hauteur a son maximum de réception dans la direction du poste de Kahuku. Le réglage est fait de telle façon que les signaux venant de ce poste soient compensés, quelle que soit l'installation d'émission utilisée ; le poste d'Honolulu n'étant gêné dans aucune de ses réceptions, peut alors, au moyen de ses deux installations complètes, travailler simultanément et en duplex avec ses deux correspondants.

## VI. — Réception.

Les postes de réception sont munis de montages à lampes avec dispositifs amplificateurs, à haute et basse fréquence. La récep-

Digitized by Google

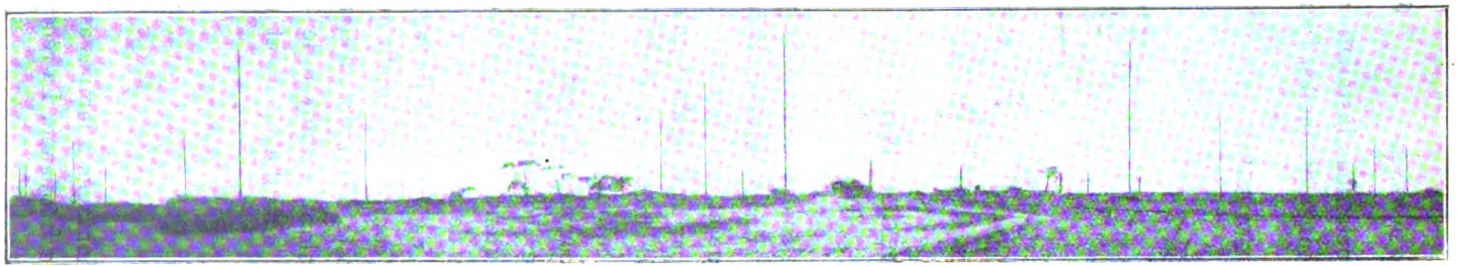


Fig. 47. — Station double de transmission de Kahuku. Antenne n° 1 (vers le Japon). — Antenne n° 2 (vers l'Amérique).
(Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

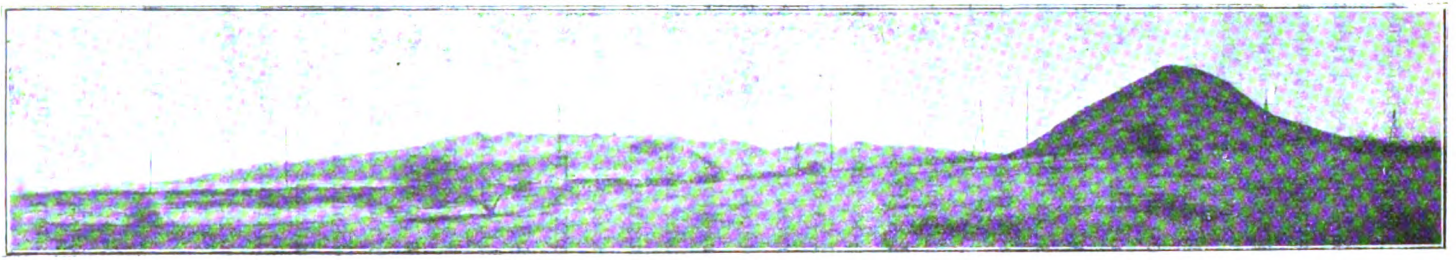


Fig. 48. — Station double de réception de Cocohead. Antenne n° 1 (vers l'Amérique). — Antenne n° 2 (vers le Japon).
Sur les petits pylônes : antenne de compensation.
Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

Digitized by Google

tion se fait au téléphone et est enregistrée à l'oreille quand la vitesse est faible, au phonographe quand elle est grande. Le phonographe est ensuite déroulé assez lentement pour que la lecture auditive soit possible, et les signaux sont alors transcrits, à mesure du déroulement sur la machine à écrire.

## VII. — Méthode générale d'exploitation.

Il est intéressant de suivre, par exemple, un télégramme à destination de l'Amérique à partir du moment où il est déposé au bureau télégraphique de la Compagnie Marconi, à Londres. Du guichet du bureau, il est expédié par tube pneumatique à la salle des appareils où il est traduit en bande perforée. S'il doit emprunter la voie Carnarvon-New-Brunswick, il est transmis par fil, au moyen de l'appareil Creed, au poste de réception et manipulation radiotélégraphique de Towyn, où il est reçu directement sous forme de bande perforée. Là, cette bande passe dans un appareil Wheatstone qui commande, par l'intermédiaire de relais, les dispositifs de manipulation du poste d'émission de Carnarvon, lequel, ainsi que nous avons vu, transforme les signaux télégraphiques en signaux radiotélégraphiques de grande puissance. Les émissions sont reçues en Amérique, au poste de réception de Belmar, sont amplifiées, font vibrer la plaque du téléphone et s'enregistrent sur le rouleau du phonographe. Les signaux, rendus par cet appareil à la vitesse de réception auditive, sont transcrits à mesure à la machine à écrire, puis expédiés par fil aux destinations américaines. L'exploitation se faisant d'ailleurs on duplex, le rendement du système est très grand.

## VIII. — Postes a étincelles, a courant alternatif et éclateur synchrone.

**Principes.** — Dans les postes à grande puissance à étincelles, à courant alternatif et éclateur synchrone, le schéma de montage est celui de la figure 49.

Digitized by Google

Nous y retrouvons les trois circuits qui constituent toute installation à étincelle : circuits de charge, d'excitation et d'antenne.

Le circuit de charge comprend un alternateur musical A, un transformateur T qui élève la tension à la valeur convenable pour la charge du condensateur et l'éclatement de l'étincelle,

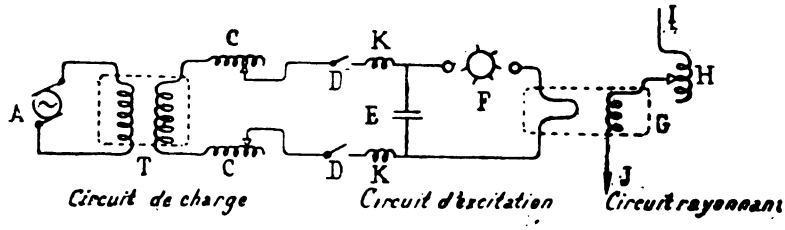



Fig. 19. — Montage d'un poste Marconi à étincelles par courant alternatif et éclateur synchrone.

puis des bobines de self de réglage et d'étouffement de la haute fréquence K ; enfin les organes de manipulation D installés du côté haute tension entre ces deux séries de bobines, et aboutit au condensateur E.

Le circuit de décharge comprend le condensateur E, l'éclateur F, du type tournant établi de façon à donner deux étincelles par période de l'alternateur, et le primaire d'un radiotransformateur G destiné à exciter l'antenne.

Enfin, le circuit rayonnant comprend l'antenne I, une bobine de self H, le secondaire G du transformateur et la prise de terre J.

Le circuit rayonnant et le circuit d'antenne sont réglés, ainsi que nous l'avons vu, à la même longueur d'onde, pour profiter de l'amplification de potentiel et de courant produite par la résonance. Quant au circuit de charge, comprenant le condensateur et la self qui représente les fuites du transformateur, les selfs de la machine, des bobines de réglage et d'étouffement, il constitue lui aussi un circuit oscillant. On règle la valeur des selfs C de telle sorte que sa période naturelle d'oscillation soit un peu plus grande que la période du courant alternatif produit par la dynamo A.

Dans ce système d'émission l'étincelle éclate chaque fois que

Digitized by Google

les pôles mobiles de l'éclateur passent devant les pôles fixes, c'est-à-dire deux fois par période de la machine. La fréquence d'étincelles est double de celle de l'alternateur. L'étincelle s'éteint rapidement après l'éclatement. A ce moment la différence de potentiel aux bornes de l'éclateur est nulle. Elle augmente progressivement, sous l'action de la force électromotrice de l'alternateur, jusqu'à ce que, des pôles mobiles passant à nouveau devant les pôles fixes, une nouvelle étincelle éclate.

En raison du mode d'action de l'éclateur tournant, aux grandes longueurs d'onde, que nous avons expliqué ci-dessus, l'étincelle est éteinte, mécaniquement, après un petit nombre d'oscillations. A partir de ce moment l'antenne, excitée par impulsion, rayonne avec sa fréquence et son amortissement propre, qui est très faible, le décrément d'amortissement étant de l'ordre de 0,05.

*Circuit de charge.* — L'alimentation de la station en énergie électrique est assurée par les réseaux de distribution, si l'énergie peut être acquise à de bonnes conditions : dans ce cas, le courant est, la plupart du temps, fourni sous forme de courant triphasé haute tension, à la fréquence 50.

La tension est abaissée à 440 volts par un groupe de transformateurs.

Ce courant alimente ensuite un moteur triphasé de 500 chevaux à démarrage automatique, qui entraîne un alternateur monophasé de 300 kilowatts à fréquence musicale, variable suivant les stations entre 150 et 200 périodes. Une machine à courant continu, soit placée sur l'arbre du moteur, soit entraînée par un moteur spécial, fournit le courant nécessaire pour l'excitation et souvent aussi alimente l'éclairage et le circuit de manipulation. Dans d'autres cas, le courant des relais de manipulation est fourni par un groupe moteur générateur spécial. Dans le cas où l'énergie ne peut être prise à un réseau de distribution, des turbines à vapeur entraînent les alternateurs de 300 kilowatts et les dynamos à courant continu, lesquelles sont alors plus puissantes et fournissent l'énergie nécessaire à l'excitation, à l'éclairage, aux ventilateurs, etc...

De l'alternateur de 300 kilowatts, le courant passe dans les

Digitized by Google

enroulements primaires d'un groupe de 5 transformateurs de 75 kw en parallèle, qui élèvent la tension à la valeur nécessaire pour l'éclatement. A la sortie du transformateur, on trouve les bobines de self à noyau d'air pour le réglage de la période propre des circuits de charge ; puis, les manipulateurs dont nous expliquerons dans un instant le fonctionnement ; enfin, les bobines de choc à noyau d'air destinées à arrêter les courants de haute fréquence, et l'on arrive au condensateur.

Des ventilateurs à haute et basse pression fournissent l'air pour le soufflage de l'éclateur et du manipulateur, pour la ventilation de la salle de l'éclateur, etc.

*Circuit d'excitation.* — Le condensateur est composé de 300 à

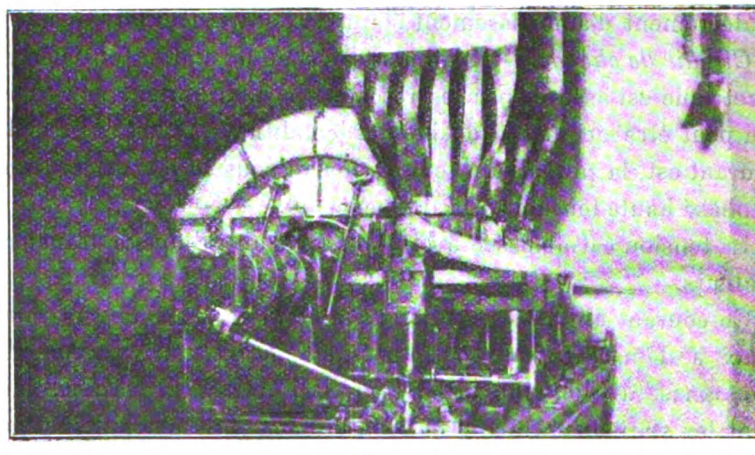


Fig. 50. — Eclateur tournant Marconi pour station de grande puissance. (Communiqué par la « Marconi Wireless Telegraph Co of America »).

400 unités de 0,077 microfarad de capacité moyenne, comprenant 31 plaques de verre séparées par des feuilles de zinc, et disposées par groupes de 3 ou 4 en séries. Il est relié par de larges connexions, d'une part au primaire du radiotransformateur, d'autre part à l'éclateur. La capacité employée est de l'ordre de 1 à 2 microfarads généralement.

L'éclateur est du type Marconi à grande puissance (fig. 50). Un disque d'acier vertical de plus d'un mètre de diamètre, porté par

Digitized by Google

l'arbre de l'alternateur, et portant de part et d'autre de son plan, près de sa périphérie des saillies régulièrement espacées, en nombre égal à celui des pôles de l'alternateur, tourne à la même vitesse que celui-ci entre deux disques horizontaux A et B, animés d'un mouvement de rotation lent autour de leur axe, portés sur le bâti de l'éclateur, mais isolés de celui-ci et reliés au circuit oscillant. Dans ces conditions, une étincelle double, allant du premier disque à la saillie, et de celle-ci au deuxième disque, éclate chaque fois qu'une saillie passe entre les disques. L'étincelle est soufflée par un ventilateur. Tout est d'ailleurs prévu pour que l'éclateur, au lieu d'être entraîné synchroniquement par l'alternateur, puisse être commandé asynchroniquement par un moteur spécial. L'éclateur est isolé dans une salle construite de façon à étouffer le bruit de l'étincelle.

Tous les organes mécaniques : moteur, alternateur, machines à courant continu, ventilateurs, éclateurs, sont montés en double de façon à assurer les rechanges nécessaires. Pour les autres appareils, les rechanges sont également prévues.

*Radiotransformateur et circuit d'antenne.* — Le circuit à condensateur excite l'antenne par l'intermédiaire d'un radiotransformateur à deux enroulements, constitués par des conducteurs parallèles isolés les uns des autres, câblés en spires jointives, à pas très long, en une seule couche, autour d'un noyau isolant. Le primaire relié au circuit à condensateur par de larges rubans de cuivre, comporte une seule spire, ou deux en parallèle, dont le noyau est un tore de bois de 1 m. 50 de diamètre environ, engendré par un cercle de 25 centimètres environ. Le secondaire, relié à l'antenne, est constitué par un solénoïde de plusieurs spires de un mètre de diamètre en câble de 10 centimètres de diamètre enroulé, suivant les mêmes principes, autour d'un noyau en corde. Une self, construite de la même façon, et disposée en série dans le circuit de l'antenne sert au réglage de la longueur d'onde.

*Manipulation* (fig. 51). — La manipulation se fait, ainsi que nous l'avons vu, en interrompant et rétablissant, à volonté, le circuit de charge du condensateur, côté haute tension, les appareils de

Digitized by Google

coupure étant placés après le transformateur et les selfs de réglage. Ces dispositifs sont au nombre de deux et comportent chacun deux coupures en série. Ils sont placés sur les deux fils venant des selfs, de sorte qu'en définitive la manipulation se fait par quatre coupures en série. Chaque appareil comporte deux contacts fixes $A_1$, $A_2$ reliés au circuit de charge des deux contacts mobiles B, B, portés par des lames flexibles et pouvant tourner autour de l'axe vertical O, et les deux plots de repos *cc*, mis au même potentiel que les contacts mobiles. Le mouvement des contacts a lieu dans un plan horizontal. Les pôles A et C sont munis de cornes, comme les paratonnerres, ce qui facilite beaucoup la coupure. Les étincelles sont d'ailleurs soufflées par un courant d'air énergique. Dans l'un des modèles, l'axe $OO_1$ porte à sa partie inférieure une bobine I analogue à celle d'un galvanomètre d'Arsonval, placée entre les pôles d'un aimant qui tourne dans le champ magnétique quand elle est traversée par un courant continu. Les interrupteurs sont commandés par relais, eux-mêmes commandés directement, à partir de la station de réception, par le manipulateur s'il s'agit de transmission manuelle, ou par l'appareil Wheatstone dans le cas de la manipulation automatique. Dans ce dernier cas, les bandes perforées sont préparées, au préalable, au moyen d'un appareil semblable à une machine à écrire, et qui prépare une lettre pour chaque mouvement de l'opérateur, tandis que le perfora-

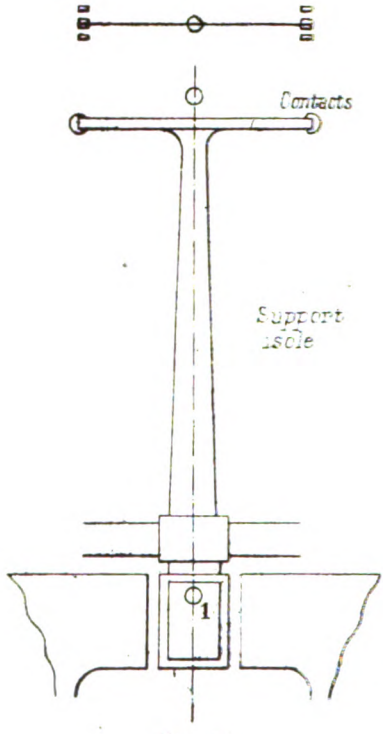


Fig. 51.

Digitized by Google

teur ordinaire perfore un signe seulement. La vitesse normale de perforation automatique avec des appareils de ce genre est de 70 mots à la minute.

Avec d'autres appareils mus à l'air comprimé, on atteint 100 mots à la minute.

Il y a lieu de remarquer, en terminant cette description des postes Marconi à alternateurs et éclateurs tournants, que la fréquence du courant alternatif est 150 à 200, donnant deux étincelles par période, soit 300 à 400 étincelles par seconde. Il est intéressant de constater que la Compagnie Marconi s'en tient, pour ses communications à grande distance, à ce nombre relativement faible, alors que les fréquences d'étincelles les plus communément préférées sont de l'ordre de 1000 et plus.

## IX. — Postes a étincelles a courant continu haute tension et éclateur tournant.

**Principes.** — Dans les systèmes de télégraphie sans fil à étincelles avec courant continu haute tension et éclateur tournant, on retrouve le circuit d'antenne et le circuit d'excitation

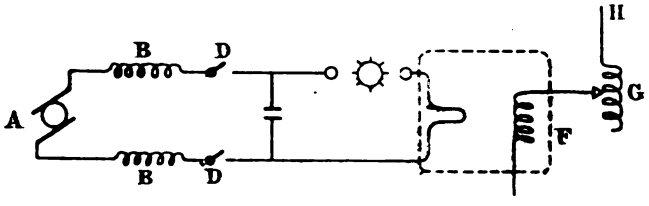



Fig. 52. — Montage de poste à étincelles, à courant continu haute tension et éclateur tournant.

précédents ; mais l'alimentation du condensateur n'est plus fournie par un ensemble alternateur et transformateur ; elle est faite par une source à force électromotrice constante, suffisamment élevée (10.000 volts au moins en général) pour qu'elle puisse provoquer l'étincelle (fig 52).

Cette méthode de charge ayant été adoptée par l'Administration des Postes et des Télégraphes après une série d'expériences

Digitized by Google

faites sous ma direction, pour ses installations à étincelles les plus récentes, nous intéresse particulièrement, et j'en exposerai rapidement les principes et les caractéristiques.

Lorsqu'on charge un condensateur à travers une self-induction la charge est oscillante si la résistance du circuit de charge n'est pas trop grande. La différence de potentiel (fig. 53), partant de zéro,

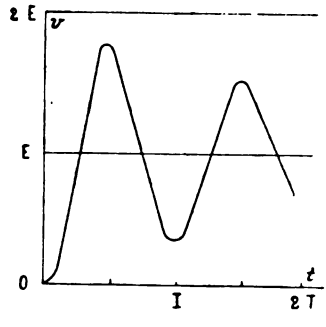



Fig. 53. — Charge d'un condensateur. Différence de potentiel aux bornes.

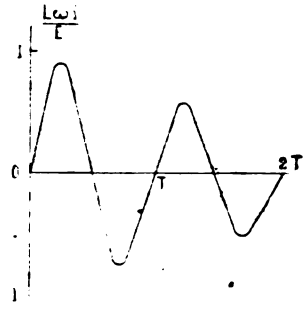



Fig. 54. — Charge d'un condensateur. Intensité dans le circuit.

oscille de part et d'autre de la valeur de la force électromotrice E de la source. L'intensité du courant dans le circuit de charge exécute elle aussi une série d'oscillations (fig. 54). La période T dépend de la capacité du condensateur et de la self du circuit, suivant l'expression

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

Au bout de la première demi-oscillation la différence de potentiel entre les bornes du condensateur est maxima, et atteint presque deux fois la valeur de la force électromotrice appliquée. L'énergie disponible et le rendement sont également maxima ; l'intensité dans le circuit de charge est nulle. C'est donc un moment favorable pour faire éclater la décharge. Le meilleur sera donc de s'arranger pour que l'intervalle de temps qui sépare deux décharges consécutives, temps qui est utilisé pour la charge, soit égal à une demi-période de l'oscillation du circuit de charge. La suite des phénomèmes est alors la suivante.

Quand une étincelle vient de s'éteindre (fig. 55) l'intensité et

Digitized by Google

la différence du potentiel aux bornes du condensateur sont sensiblement nulles. A partir de ce moment, sous l'action de la force électromotrice de charge, la différence de potentiel aux bornes du condensateur augmente d'une façon continue. Elle atteint, au bout d'une demi-période de l'oscillation de charge, une valeur voisine du double de la force électromotrice de la

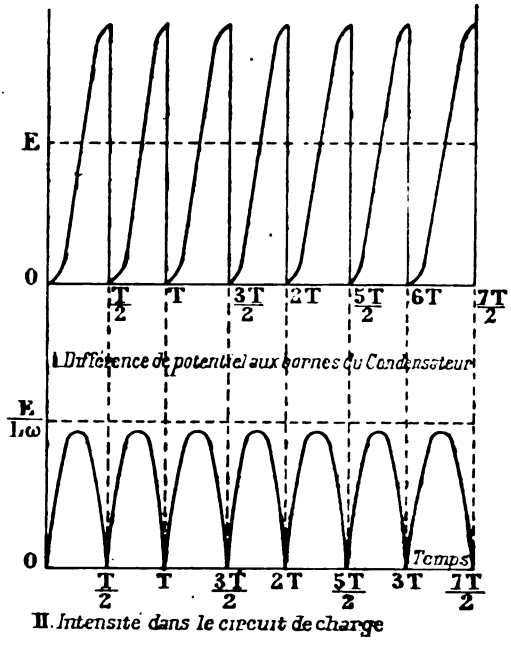



Fig. 55.

source. Si le système est réglé de telle sorte que des saillies de l'éclateur passent devant les pôles fixes à ce moment, une étincelle éclate, le condensateur se décharge et les mêmes phénomènes se reproduisent dans le même ordre qu'auparavant.

Si la fréquence de l'étincelle n'est pas exactement le double de celle du courant de charge, l'étincelle n'éclate plus au moment où la différence de potentiel aux bornes du condensateur est maxima, et l'intensité dans le circuit de charge nulle. Toutefois la théorie et la pratique montrent qu'à moins d'un déréglage important le rendement n'est pas sensiblement diminué.

Digitized by Google

En raison de la haute tension nécessaire, l'emploi de batteries d'accumulateurs comme source d'alimentation présente les inconvénients de l'installation, de l'entretien, et de l'isolement de plusieurs éléments en série. Il a de plus celui d'un mauvais rendement.

Les machines à courant continu haute tension (il est possible d'obtenir aujourd'hui jusqu'à 25.000 volts par unité) sont moins chères, d'un entretien facile, et d'un meilleur rendement. Les conditions suivantes doivent être imposées au matériel :

1° Si l'on emploie le montage simple de la figure 52 la différence de potentiel aux bornes du condensateur est, au début de l'étincelle voisine du double de la force électromotrice de la source, et celle-ci est traversée par un courant interrompu. Frappés de ce fait, quelques auteurs ont depuis longtemps proposé de disposer aux bornes de la machine des condensateurs de grande capacité ou des accumulateurs (en particulier A. Blondel). Il semble plus simple de prévoir les machines de telle sorte qu'elles puissent, sans protection spéciale, supporter les courants et les tensions imposés.

On peut aussi s'arranger pour que les selfs de réglage, qu'il est toujours commode d'avoir dans le circuit de charge pour pouvoir en varier les constances, soient calculées de telle sorte qu'elles absorbent une partie importante de la tension alternative; on pourra être amené, dans ce cas, à diminuer la self de la machine au moyen d'enroulements compensateurs.

2° Il est prudent de protéger par des dispositifs amortisseurs le circuit de charge contre les ondes de haute fréquence dans les enroulements pendant la décharge des condensateurs.

*Caractéristiques.* — Le système à courant continu haute tension et éclateur tournant ainsi constitué présente, par opposition au système à courant alternatif, les caractéristiques suivantes :

Charge au moyen d'une force électromotrice constante.

1° Matériel d'une construction spéciale contenant des parties tournantes et des collecteurs sous haute tension.

2° La vitesse de rotation de la machine n'intervient pas dans le réglage des circuits.

3° On peut utiliser le rendement maximum que peut donner le circuit de charge.

Digitized by Google

Ce rendement peut, en pratique, dépasser 0, 9.

4° Un défaut de réglage, même notable, de la vitesse de l'éclateur ne conduit qu'à une faible diminution du rendement.

L'éclateur peut être entraîné indépendamment de la machine.

5° Le son musical obtenu est pur et très agréable.

Charge au moyen d'une force électromotrice alternative.

1° Matériel robuste de construction courante.

2° Les circuits sont réglés sur la vitesse de rotation de l'alternateur. Toute variation de vitesse trouble le fonctionnement du système.

3° Le coefficient de surtension doit rester assez faible pour atténuer l'effet des faibles variations de vitesse de l'alternateur sur le fonctionnement. Cette nécessité conduit à diminuer le rendement maximum possible du système de charge.

4° L'éclateur est obligatoirement sur l'arbre de l'alternateur. Un défaut d'orientation, même faible, de l'éclateur par rapport à sa position optima provoque une forte diminution du rendement.

5° Il est difficile d'obtenir un son musical pur et agréable.

Etablies d'après les principes qui précèdent, les stations Marconi de Glace-Bay, au Canada, et Clifden, en Irlande, assurent, depuis 1910, la radiocommunication entre l'Angleterre et l'Amérique à une distance de 3590 kilomètres.

*Premier mode de réalisation. Emploi de batteries d'accumulateurs.* — Dans une conférence faite le 2 juin 1911 à la Royal Institution, à Londres, Marconi donna la description suivante des dispositifs alors en usage dans ces stations (fig. 56).

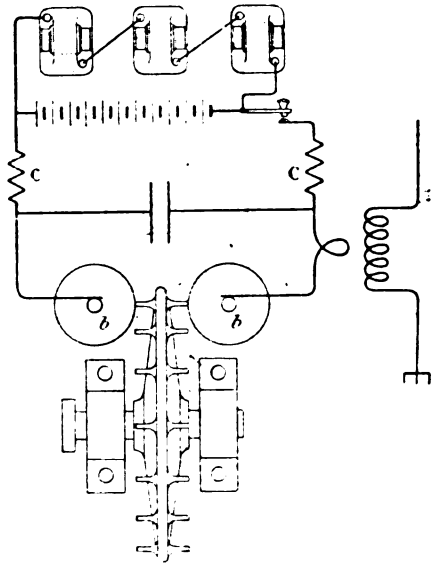



Fig. 56. — Extrait du *Wireless World*.

L'énergie est fournie sous forme électromotrice constante par une batterie d'accumulateurs de 6000 éléments réunis en série, et d'une capacité de 40 ampères-heures. La charge de la batterie est



Digitized by Google

fournie par des dynamos à courant continu haute tension. La force électromotrice est 11.000 à 12.000 volts quand la batterie est employée seule, et peut monter jusqu'à 15.000 volts quand on associe les dynamos à haute tension en parallèle avec la batterie.

La plupart du temps, on se sert de la batterie seule.

Les extrémités de la batterie d'accumulateurs sont reliées par l'intermédiaire de bobines de self au courant excitateur qui contient les condensateurs, l'éclateur à disque et le primaire du radiotransformateur. Quand la batterie donne 12.000 volts, la différence de potentiel d'éclatement atteint 18.000 volts.

Le condensateur est à diélectrique air. L'éclateur est formé d'un disque vertical d'acier muni de saillies perpendiculaires à son plan, disposées près de la périphérie à intervalles réguliers. Ce disque tourne, à la grande vitesse de 200 mètres par seconde, entre deux autres disques horizontaux qui tournent lentement autour de leur axe.

Avec la fréquence utilisée à Clifden, soit 45.000 périodes par seconde, et une différence de potentiel de 15.000 volts, la durée de l'étincelle est pratiquement celle d'une oscillation complète. Le circuit primaire étant ainsi immédiatement ouvert, ses oscillations sont brusquement arrêtées et, si le couplage avec le circuit d'antenne est convenable, toute son énergie aura pratiquement passé dans l'antenne en un temps très court. Il y a donc impulsion, et l'énergie est rayonnée sous forme d'une onde pure, ayant l'amortissement propre, d'ailleurs très faible, du circuit rayonnant.

Dans une déposition faite en 1913 devant la Commission d'enquête de la Chambre des Communes, au sujet du contrat passé entre sa Compagnie et le Post Office pour la construction du réseau impérial de radiocommunications britanniques, Marconi compléta la description précédente en indiquant que la puissance employée pour le trafic transatlantique n'avait jamais, à cette époque, dépassé 150 kilowatts et était généralement de 80 kilowatts (énergie fournie au condensateur).

Digitized by Google

*Dispositifs actuels de la station Glace-Bay. Suppression de la batterie d'accumulateurs.* — Telles étaient, en 1911, les caractéristiques des stations de Clifden et Glace-Bay. La principale consistait dans l'emploi, comme source de force électromotrice constante à haute tension, d'une batterie d'accumulateurs employée, soit seule, soit en tampon sur un ensemble de machines à courant continu haute tension mises en série.

On conçoit les difficultés que présentent l'entretien et l'isolement d'une batterie de 6000 éléments d'accumulateurs en série. La batterie a été conservée à Clifden. Mais, à Glace-Bay, la Compagnie canadienne Marconi a jugé, après expérience, que la sécurité additionnelle que la présence de la batterie apportait au fonctionnement de la station ne compensait pas les inconvénients qu'elle amenait avec elle. Elle a songé à remplacer la batterie d'accumulateurs par des condensateurs de grande capacité. Finalement, la solution adoptée a été la suppression pure et simple des accumulateurs, et le poste de transmission, tel que je l'ai vu à Glace-Bay fonctionne depuis plusieurs années avec le montage simple de la figure .

*Description du poste de Glace-Bay.* — Le poste de Glace-Bay comporte trois corps de bâtiments. Le premier est occupé par la Direction et les bureaux ; le deuxième est une usine génératrice qui comprend des dispositifs de production d'énergie pour l'alimentation à haute tension des condensateurs, l'entraînement de l'éclateur tournant et des ventilateurs, et pour les services auxiliaires ; le troisième contient les circuits de haute fréquence.

*Usine génératrice et circuit de charge.* — L'énergie est fournie par un groupe moteur à vapeur-générateur électrique sous forme de courant triphasé qui fait tourner un moteur entraînant les dynamos à courant continu haute tension qui constituent la source de force électromotrice constante pour la charge du condensateur.

Ces dynamos, au nombre de deux, d'une puissance de 50 kilowatts chacune, sont disposées en série dans le circuit de charge. Elles sont fixées sur des socles isolés, de part et d'autre du moteur qui les entraîne, et lui sont reliées par des dispositifs

Digitized by Google

d'accouplement élastiques isolants. Leur self-induction est réduite par des enroulements compensateurs, placés autour de l'induit, et la commutation est favorisée par des pôles auxiliaires. A la sortie des dynamos on trouve un voltmètre, des interrupteurs, des fusibles, puis les câbles souterrains qui transportent l'énergie sous haute tension de l'usine génératrice au bâtiment de haute fréquence. On trouve en outre, dans l'usine, un groupe moteur-générateur à vapeur à courant continu qui fournit l'énergie pour l'entraînement de l'éclateur tournant, les ventilations, la manipulation, l'éclairage, etc., et des groupes moteurs-générateurs de secours.

Après l'entrée des câbles à haute tension dans le bâtiment de haute fréquence, on trouve, sur le circuit de charge des condensateurs, des selfs à noyau d'air pour l'accord du circuit, les manipulateurs, établis sur les mêmes principes que dans les postes à courant alternatif et éclateur synchrone, puis de petites bobines de self, à noyau d'air, destinées à empêcher les retours de haute fréquence.

*Circuits à haute fréquence.* — Le circuit excitateur et le circuit d'antenne comprennent le condensateur, l'éclateur tournant, le radiotransformateur et les selfs d'antenne, comme dans les postes à courant alternatif et éclateur synchrone. Mais la vitesse de l'éclateur étant absolument indépendante de celle des machines génératrices, cet appareil est éloigné des machines dynamos à haute tension, et est entraîné par un moteur spécial. La fréquence d'étincelles est environ 300 par seconde. Le condensateur mérite une mention spéciale. Son diélectrique au lieu d'être, comme dans tous les postes, du verre dont la constance diélectrique est environ 7 et la rigidité électrostatique 200.000 volts par centimètre, est de l'air à la pression atmosphérique, dont la constante diélectrique est 1 et la rigidité électrostatique 20.000 volts par centimètre ; de sorte que le volume du diélectrique nécessaire pour emmagasiner une quantité d'énergie donnée, volume qui est inversement proportionnel à la constante diélectrique et au carré de la rigidité électrostatique, est, toutes choses égales d'ailleurs

Digitized by Google

$$\frac{\overline{200000}^{2} \times 7}{\overline{20000}^{2} \times 1} = 700$$

fois plus grand dans le cas de l'air que si l'on emploie du verre. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que, avec un coefficient de sécurité important, le condensateur, d'1,5 microfarad de capacité, occupe un volume de 56 mètres de long sur 23 mètres de large et 7 mètres de haut.

*Matériel de secours.* — En outre d'un groupe de secours composé, comme le groupe principal, d'un moteur triphasé entraînant deux dynamos à haute tension, la station possède un groupe moteur à vapeur-générateur à courant alternatif monophasé 25 périodes, employé sur le condensateur et les circuits de haute fréquence décrits ci-dessus, de façon à réaliser une émission musicale de secours avec courant alternatif à basse fréquence et éclateur asynchrone.

Les signaux produits de cette façon étant beaucoup moins bons que ceux de l'émission à courant continu haute tension, cette dernière est toujours employée dans les moments où la communication est difficile (parasites, absorption d'énergie dans l'atmosphère, etc.).

*Troisième mode d'application. Système à étincelles commandées, à oscillations entretenues.* — Les stations de Clifden et de Glace-Bay furent mises en service d'une façon définitive en 1910, et, dès la première année, purent transmettre 812.000 mots. Le trafic a d'ailleurs augmenté dans de très fortes proportions depuis cette époque.

La première conclusion de l'expérience de Clifden-Glace-Bay fut que les avantages que procure l'emploi des forces électromotrices constantes à haute tension ne compensaient pas les inconvénients inhérents à l'installation, à l'usage et à l'entretien des batteries d'accumulateurs de l'importance de celles qui existaient dans ces stations. On ne songeait pas encore à supprimer les batteries d'accumulateurs et les stations à grande puissance de la Compagnie Marconi qui suivirent, comportèrent des postes

Digitized by Google

d'émission à courant alternatif et éclateur synchrone. C'est dans ces conditions que furent installées d'abord les stations italiennes de Coltano et Massouah, qui assurent la radiocommunication entre l'Italie et l'Erythrée, puis la ligne transatlantique Carnarvon-New-Brunswick et la ligne transpacifique San-Francisco-Honolulu. Quand on reconnut la possibilité d'utiliser les machines à courant continu haute tension sans dispositifs de protection, coûteux ou difficiles à entretenir, accumulateurs ou condensateurs, suivant le montage simple de la fig. 52 aucun inconvénient ne compensait plus les avantages du courant continu haute tension par rapport au courant alternatif. Aussi un revirement en faveur de ce système se produisit-il et la Compagnie Marconi mit à l'étude un dispositif capable de produire des oscillations continues par la combinaison de circuits à condensateur alimentés par des machines à courant continu haute tension.

Dès 1913, la Commission composée des plus hautes sommités du monde scientifique anglais, chargée par le Post Office, de faire une enquête sur les systèmes existants de télégraphie sans fil à longue distance et en particulier sur la possibilité pour ces systèmes de réaliser des communications continues aux distances imposées par le projet de réseau de stations de télégraphie sans fil à établir dans les territoires de l'Empire britannique, insérait dans son rapport les conclusions suivantes au sujet de ce système.

« Le seul générateur à haute fréquence produisant des oscillations continues que nous avons pu essayer avec succès sur de longues distances est la machine Marconi produisant d'une façon continue des courants à haute fréquence. Afin de constater les essais de communications transatlantiques réalisées avec cette machine, nous avons fait une seconde visite à Clifden et des essais eurent lieu en notre présence. Faisant usage de cette machine, M. Marconi, les 26 et 27 avril 1913, envoya de Clifden à Glace-Bay des messages préparés par nous dans ce but ; ces messages furent à notre demande retransmis de Glace-Bay à Clifden immédiatement après leur réception, la

Digitized by Google

station de Glace-Bay se servant, pour les transmettre, de l'installation ordinaire de la Compagnie et ils furent correctement reçus à Clifden. L'énergie communiquée à l'antenne par cette machine au cours de ces essais ne suffisait pas pour assurer une exploitation commerciale. Mais il ne paraît y avoir aucun motif qui empêcherait d'arriver à fournir une plus grande énergie dans l'antenne. »

Les essais dont les résultats avaient été officiellement constatés dans ce rapport, ont été continués depuis 1913 sur une plus grande échelle et paraissent devoir aboutir à une très prochaine mise en service de stations de grande puissance avec le nouveau système à étincelles commandées (timed spark). Il m'est naturellement impossible, tant que ces stations ne sont pas en exploitation, de donner sur ce système tous les détails qui m'ont été communiqués. Toutefois, je puis en rappeler le principe d'après une étude de M. Marconi sur les nouvelles méthodes de production et d'utilisation des oscillations électriques continues en radiotélégraphie paru en mai 1914 dans le « Wireless World ».

« Ce système d'ondes continues est basé sur l'effet cumulatif d'une série de décharges, ayant la même période et la même phase, et agissant inductivement sur un circuit rayonnant commun.

« En fait, il est clair que s'il était possible de rapprocher assez les différents trains d'oscillations d'un système à étincelles, une oscillation continue serait obtenue. Toutefois, dans les appareils ordinaires, deux difficultés se présentent. La première est provoquée par le temps nécessaire pour la charge du condensateur : il est évident que le condensateur ne peut être chargé et déchargé en même temps ; la deuxième est due au fait que les groupes successifs d'oscillations doivent être en phase entre eux et avec les oscillations dans l'antenne.

« Je crois avoir résolu le problème par l'usage de dispositifs que je décrirai à l'aide de la fig. 57.

« Dans ce récepteur, on emploie un certain nombre de circuits oscillants, 1, 2, 3, 4, chargés par la même source d'énergie

Digitized by Google

à travers des selfs induction distinctes. Chaque circuit de décharge comprend un disque métallique muni de dents $D_1$ $D_2$ $D_3$ $D_4$, un condensateur et une inductance couplée à l'an-

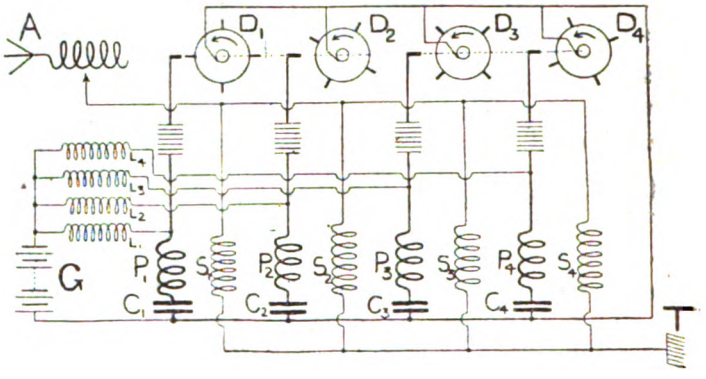



Fig. 57. — Montage du système Marconi à étincelles commandées, pour ondes entretenues.

(Extrait du *Wireless World*).

tenne ou à un circuit lui-même relié à l'antenne par un radiotransformateur.

« Les roues dentées sont isolées l'une de l'autre, mais montées rigidement sur le même arbre, et fixées de telle sorte que les condensateurs se chargent et se déchargent successivement à intervalles réguliers l'un après l'autre, de sorte qu'à une vitesse donnée l'intervalle entre le commencement d'une décharge d'un condensateur et le commencement de la décharge suivante soit égal à la période de l'oscillation de l'antenne ou du circuit intermédiaire ou soit un multiple exact de cette période.

« Pour assurer l'éclatement de chaque étincelle au moment voulu, les dispositifs de décharge sont prévus avec une étincelle auxiliaire dont l'éclatement est réglé au moyen d'un disque supplémentaire (non indiqué sur le diagramme). Le potentiel de cette étincelle est plus grand que celui de la décharge principale, et obtenu au moyen de petits condensateurs auxiliaires.

« L'effet final de ce système est montré dans la fig. 12 où les oscillations produites en rotation par les quatre circuits et

Digitized by Google

l'oscillation continue qui en résulte dans l'antenne sont indiquées. »

Ainsi que je l'ai dit ci-dessus, les essais du système ont donné de bons résultats et plusieurs stations du système sont actuellement en cours de montage ou sur le point d'être mises en service.

## 4° STATIONS DE LA FEDERAL TELEGRAPH CO ET DE LA MARINE DE GUERRE DES ÉTATS-UNIS

Nous parlons maintenant des stations qui emploient comme courant de haute fréquence l'arc électrique. Toutes les stations de cette sorte qui existent aux États-Unis sont exploitées ou construites par la Federal Telegraph Co, propriétaire des brevets Poulsen, pour les États-Unis.

Ces stations sont de deux sortes : elles appartiennent, les unes, à la Federal Telegraph Co, les autres au département de la Marine des États-Unis.

### I. — Stations transpacifiques de la Federal Telegraph Co.

La Federal Telegraph Co exploite depuis plusieurs années une radiocommunication entre San-Francisco et Honolulu.

*Station d'Honolulu.* — La station d'Honolulu, munie d'un arc de 60 kilowatts de puissance, comporte une antenne supportée par 3 pylônes en bois haubannés de 185 mètres, 134 mètres et 134 mètres de hauteur. Les haubans, en acier, sont composés de sections isolées les unes des autres. Les 3 pylônes portent un réseau de fils triangulaire prolongé au delà du grand pylône par des fils descendant à une certaine hauteur, et mun au milieu des petits pylônes d'une descente qui entre dans le poste de transmission (fig. 58).

*Station de San-Francisco.* — La station de San-Francisco comprend deux postes séparés pour la transmission et la réception. La transmission est installée à South San-Francisco, à

Digitized by Google

15 kilomètres de la réception, qui se fait dans le Hobart Building, le plus haut gratteciel de San-Francisco, au milieu de la rue la plus animée de la ville. On a ainsi l'avantage,

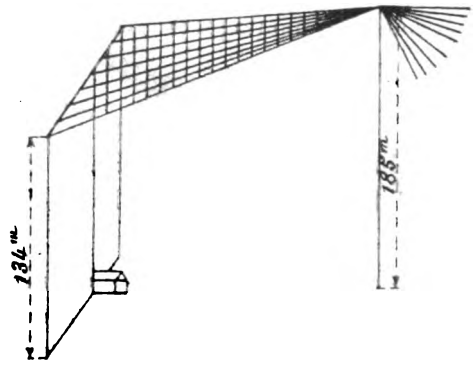



Fig. 58. — Antenne de la station d'Honolulu (Federal Telegraph Co).

ainsi que nous l'avons vu plus haut, d'éviter toute transmission télégraphique entre San-Francisco et le poste d'émission. La manipulation se fait directement du poste de réception.

L'antenne du poste de réception est composée d'une nappe de 3 fils de 213 mètres de longueur, tendus entre le toit du Hobart Building et un poteau installé sur une toiture. Sa hauteur efficace est d'environ 46 mètres. La réception est assurée au moyen de deux boîtes, l'une qui contient le circuit d'antenne et le radiotransformateur, l'autre qui contient le circuit secondaire à haute fréquence et le détecteur. Les selfs sont constituées par des galettes en série fixées sur un axe commun, formées chacune de 26 couches de 3 spires par couche, avec méthode d'enroulement particulière pour diminuer la capacité des bobines. Les téléphones sont du système Brownlie, universellement employé en Amérique.

L'antenne de la station d'émission est constituée par une nappe de 21 fils, de 18 mètres de largeur, portée par deux pylônes en bois, munis de haubans d'acier en sections isolées, ayant comme hauteur respective 185 et 134 mètres, et distants de 331 mètres. Du côté du plus petit pylône, la nappe est reliée par deux fils au poste de transmission (fig. 59).

Digitized by Google

La station comporte deux installations à arc.

L'une avec arc de 40 kilowatts et manipulateur à hystérésis, et utilisée pour la communication avec Honolulu.

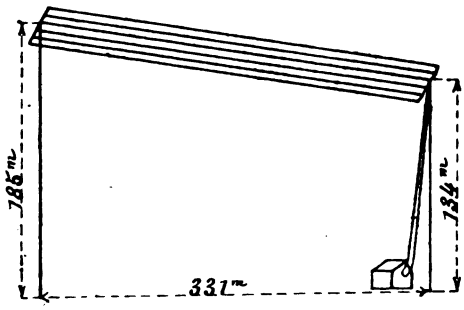



Fig. 59. — Antenne de la station de South San-Francisco (Federal Telegraph Co).

L'autre avec arc de 20 kilowatts, utilisée pour le travail avec Portland, sur la côte du Pacifique, à 1.000 kilomètres environ de San-Francisco.

La longueur d'onde d'émission avec Honolulu varie de 6.000 à 10.500 mètres suivant les circonstances.

L'énergie est fournie par 3 groupes convertisseurs composés de moteurs triphasés 75 chevaux entraînant des dynamos de 50 kilowatts, 550 volts continus.

## II. — Réseau a grande distance de la marine américaine

*Réseau des États-Unis.* — Le département de la Marine du Gouvernement des États-Unis poursuit actuellement l'établissement d'un important réseau de radiocommunications transocéaniques, destiné à relier entre elles et avec la Métropole les différentes colonies ou possessions des États-Unis. Le programme en cours de réalisation comprend les stations de :

Arlington, près Washington, sur la côte atlantique des États-Unis.

San Diego, près de la frontière mexicaine, sur la côte pacifique des États-Unis.

Digitized by Google

Darien, dans l'isthme de Panama.

Pearl Harbour (près Honolulu) dans les îles Sandwich.

Cavite, dans l'île de Manille (Philippines).

Guam (Iles Mariannes).

Les stations d'Arlington, San Diego, Darien, Pearl Harbour sont dès maintenant en exploitation. Celles de Cavite et Guam seront très prochainement terminées.

Le tableau suivant indique pour chaque station la puissance prévue ou installée, et la portée la plus longue à atteindre pour la réalisation des radiocommunications prévues.

| | Puissance (kilowatts) | Portée (kilomètres |
|---|---|---|
| Arlington | 100 | 3200 |
| San Diego | 200 | 4700 |
| Darien | 200 | 4700 |
| Pearl Harbour | 350 | 8800 |
| Cavite | 350 | 8800 |
| Guam | 35 | 2400 |

*Projet panaméricain.* — En outre du réseau national, et dans le but de resserrer les relations sociales et les affaires entre les États-Unis et les contrées de l'Amérique latine, suivant le vœu émis par les différents congrès scientifiques panaméricains, et en particulier le dernier, qui a siégé à Washington, des mesures préliminaires ont été prises pour l'établissement d'un système de radiocommunications entre les différentes contrées de l'Amérique.

Le plan des communications a été établi par le Service radiotélégraphique de la Marine des États-Unis et présenté aux représentants des divers pays par le Gouvernement des États-Unis; une conférence internationale sera sans doute prochainement réunie à Washington pour examiner ces propositions. Cette conférence aura pour rôle de prendre les mesures nécessaires pour combiner le service radiotélégraphique des Républiques américaines en un système homogène destiné à la transmission des télégrammes officiels et commerciaux, arrêter les règles du trafic, désigner les voies normales et les voies de secours, fixer les

Digitized by Google

longueurs d'ondes des différentes stations, établir les tarifs, et, en général, déterminer les règles générales d'administration, de travail, de construction et d'exploitation du réseau panaméricain.

L'ensemble des territoires des Républiques panaméricaines serait divisé en zones de radiocommunications, avec une station principale pour chaque zone. On propose en outre l'établissement au Darien d'une station centrale pour l'ensemble du système et qui devrait être capable de communiquer avec les stations principales des différentes zones.

Les emplacements actuellement prévus pour ces stations principales sont :

Buenos Ayres (Argentine) ;
Para (Brésil) ;
Guatemala ;
Guantanamo (Cuba).
Washington (États-Unis) ;
peut-être Tela (Honduras).

Chacune de ces stations principales servirait comme centre de réception et de distribution pour les autres stations de sa zone, et serait capable de communiquer avec la station centrale. Dans chaque pays, de préférence la capitale, serait installée une station nationale, qui servirait de central local, et serait capable de communiquer avec la station principale de la zone et les stations de faible puissance de la République considérée.

Le réseau couvre l'ensemble du continent américain. Les zones seraient les États-Unis, les Indes Occidentales, l'Amérique centrale, l'Amérique du Sud, partie Nord, l'Amérique du Sud, partie Sud.

*Mode d'exploitation*. — Ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, les stations de la Marine Américaine sont prévues pour un service multiple. Elles comportent généralement deux ou trois postes de transmission, sur ondes entretenues et sur étincelles, réunis dans des locaux communs et ayant chacun son antenne et ses appareils distincts ; et plusieurs postes de réception, ras-

Digitized by Google

semblés dans un même local, à une distance assez grande de la station d'émission. Les deux groupes d'installations sont réunis par autant de liaisons télégraphiques qu'il y a de postes d'émission. Les manipulations se font à partir du groupe de réception. On fait correspondre à chaque installation de transmission une installation de réception et de manipulation. Dans ces conditions si la syntonie est suffisamment aiguë, si la distance est suffisante, et si les longueurs d'ondes sont assez différentes, chaque ensemble comprenant une émission, la réception et la manipulation correspondantes, peut fonctionner indépendamment des autres et en même temps qu'eux.

Par exemple, le groupe de Washington comprend :

Une station de transmission établie à Arlington comprenant un poste à arc de 100 kilowatts et un poste à étincelle de 100 kilowatts travaillant sur la même antenne alternativement, et un poste à étincelle de 5 kilowatts muni d'une antenne spéciale.

Cinq postes de réception installés à Washington à 5 kilomètres d'Arlington.

Deux liaisons télégraphiques permettent de manipuler, à partir de Washington, soit 100 kilowatts, soit sur 5 kilowatts, soit sur les deux à la fois.

De même la station de San Diego comporte :

Un poste de transmission, installé à Chollas Heights, et comprenant deux installations, l'une à arc de 200 kilowatts, l'autre à étincelle de 5 kilowatts.

Un poste de réception, installé à Point Loma, à 29 kilomètres de San Diego et comportant 4 antennes et deux dispositifs de réception et de manipulation.

Deux liaisons télégraphiques, permettant de manipuler soit sur 200 kilowatts, soit sur 5 kilowatts, soit sur les deux à la fois.

*Antennes.* — Toutes les stations de grande puissance de la marine américaine sont supportées par 3 pylônes, implantés aux sommets d'un triangle à peu près équilatéral.

On a, pour les différentes stations :

Digitized by Google

| | Hauteur des pylônes (mètres) | | | Distance des pylônes (mètres) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 1 | N° 2 | N° 3 |
| Arlington | 183 | 137 | 137 | 120 | 107 | 120 |
| San Diego | 183 | 183 | 183 | 305 | 336 | 305 |
| Darien | 183 | 183 | 183 | 273 | 254 | 295 |
| Pearl Harbour | 183 | 183 | 183 | 336 | 336 | 336 |
| Cavite | 183 | 183 | 183 | 305 | 305 | 305 |
| Guam | 122 | 122 | 122 | 214 | 214 | 214 |

Toutes les antennes sont du même type. Nous en donnerons une idée suffisante en décrivant complètement celle de la station d'Arlington.

Elle est installée près de Washington, sur un emplacement

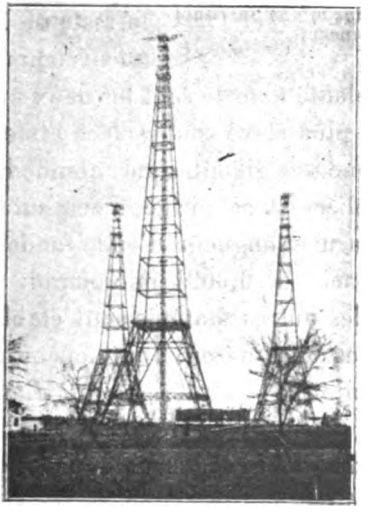


Fig. 60. — Antenne de la station d'Arlington.
(Extrait des *Proceedings of the Institute of radioengineers*.

dont l'altitude moyenne est 58 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'antenne est portée par 3 pylônes de 183 mètres, 137 mètres, 137 mètres de hauteur (fig. 60). Les centres des tours forment un triangle isocèle de 107 mètres de base et 107 mètres de hauteur. Elles sont du type sans haubans, à 4 montants.

Digitized by Google

L'antenne est composée de 3 sections, de 23 fils chacune, chaque fil étant un câble à 7 brins de 0,81 millimètre de diamètre. Les fils sont tendus entre des vergues en tube de 7, 6 cm. de diamètre et 23,2 mètres de longueur, attachées aux sommets des pylônes par l'intermédiaire de chaînes de 10 isolateurs en électrose (fig. 61). La nappe tendue entre les deux petits pylônes est reliée électriquement aux deux autres; de son milieu partent 23 fils qui forment la descente de l'antenne, fils disposés en éventail sur une hauteur de 92 mètres, puis en prisme sur le reste de leur longueur jusqu'au commutateur d'antenne, fixé à un poteau planté dans le sol; les deux nappes qui aboutissent au pylône le plus élevé sont isolées l'une de l'autre. L'antenne est en somme une gigantesque antenne en T dont les deux branches sont repliées et se dirigent vers un point commun.

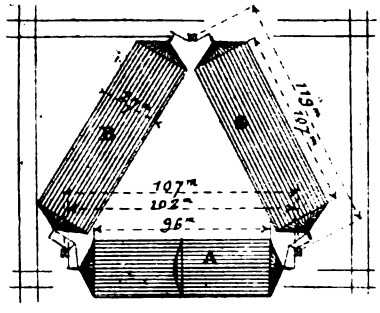



Fig. 61. — Antenne de la station d'Arlington.
(Extrait des *Proceedings of the Institute of radioengineers*).

Cette antenne a une longueur d'onde fondamentale de 2.100 mètres et une capacité de 0,0094 microfarad.

Les antennes des autres stations sont établies sur les mêmes principes que celles d'Arlington. Toutefois on ajoute à l'antenne des fils supplémentaires à l'intérieur du triangle. Les vergues sont en acier et construites en même temps que le pylône. Chaque fil d'antenne est isolé par un isolateur distinct. Ces isolateurs sont des bâtons de porcelaine, de 65 centimètres environ, utilisés isolément ou par groupes de deux en série.

*Installations radiotélégraphiques.* — Toutes les stations à grande puissance de la Marine américaine emploient pour la transmission à grande distance des arcs à haute fréquence construits par la *Federal Telegraph Co.* Toutefois la station d'Arlington, qui a été construite avant que ce système atteigne son plein développement possède en plus de l'installation à arc une

Digitized by Google

émission de 100 kilowatts à étincelles, à courant alternatif et éclateur tournant, fournie par la *National Electric Signaling Co.* Nous décrirons successivement les installations à arc de la *Federal Telegraph Co* et le poste à étincelles de la station d'Arlington.

### III. — Transmetteurs a arc de la Federal Telegraph Co.

Les transmetteurs à arc de la *Federal Telegraph Company* sont basés sur la méthode Poulsen dans laquelle on obtient des oscillations de haute fréquence au moyen d'un arc électrique brûlant dans une atmosphère contenant de l'hydrogène et dans un fort champ magnétique transverse.

L'équipement comporte les organes suivants :

1° Une source de courant continu de voltage convenable ;

2° Un convertisseur à arc ;

3° Une self d'antenne ;

4° Une antenne et prise de terre ;

5° Un dispositif de manipulation ;

6° Appareils de contrôle et appareils auxiliaires.

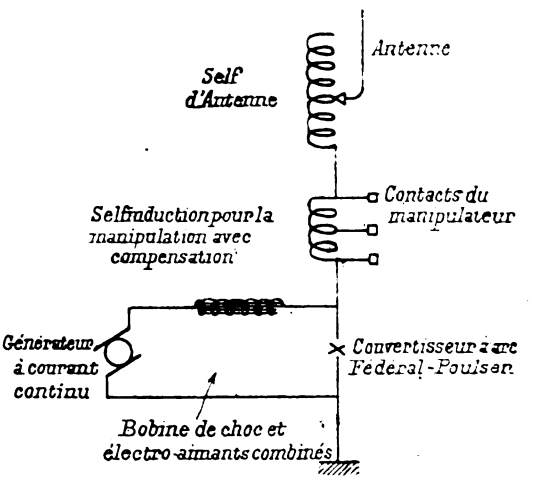



Fig. 62.
(Communiqué par la « Federal Telegraph Co ».)

La fig. 62 donne le schéma de montage. L'arc convertit l'énergie fournie par le générateur à courant continu en énergie à haute fréquence utilisée dans le circuit d'antenne. Une bobine de choc empêche le retour de la haute fréquence dans la machine.

*Divers types d'appareils.* — Les différents types d'appareils



Digitized by Google

construits par la *Federal Telegraph Company* ainsi que leurs caractéristiques sont énumérées dans le tableau suivant :

**TRANSMETTEURS radiotélégraphiques à arc de la Federal Telegraph Company**

| USAGE | Puissance kilowatts | Longueurs d'onde mètres | Ampères rayonnées en mission continue | Ampères rayonnées ordinairement avec la méthode ordinaire de transmission intermittente avec antenne bien isolée. |
|---|---|---|---|---|
| Torpilleur, navire marchand ou station terrestre à courte portée. | 5 | 300 à 4.000 | 7 | 10 à 15 |
| Croiseur, dreadnought, ou station terrestre à portée moyenne..... | 20 | 1.000 à 5.000 | 28 | 40 + limités par l'apparition du corona dans l'antenne. |
| Supper dreadnought ou grand croiseur..... | 30 | 1.000 à 5.000 | 42 | limité par l'apparition du corona dans l'antenne. |
| Service terrestre de poste à poste dans des conditions difficiles... | 30 | 3.000 à 10.000 | 42 | 60 — 80 — limité par l'apparition du corona dans l'antenne. |
| Puissance moyenne à une grande distance.. | 60 | 3.000 à 10.000 | 81 | 80 à 100 |

GRANDE PUISSANCE

| Puissance nominale, puissance en courant continu garantie pour un travail continu. (kilowatts) | Puissance en courant continu (kilowatts<br>1 heure de travail<br>1/2 heure de repos | Puissance dans l'antenne (kilowatts<br>1 heure de travail<br>1/2 heure de repos | Longueurs d'ondes<br>mètres |
|---|---|---|---|
| 100 | 125 | 55 | 3.000 à 15.000 |
| 200 | 300 | 140 | 5.000 à 20.000 |
| 350 | 500 | 230 | 5.000 à 20.000 |

Digitized by Google

*Génératrice à courant continu.* — L'énergie est fournie à l'arc sous forme de courant continu à la tension convenable (500 à 1.500 volts) généralement au moyen d'une génératrice à courant continu à excitation en dérivation. La puissance de l'arc se règle en faisant varier le voltage aux bornes.

*Convertisseurs à arc.* — Les convertisseurs à arc sont alimentés par une génératrice à courant continu. Environ la moitié de la puissance de la génératrice est convertie en courant de haute fréquence dans l'antenne.

Les convertisseurs peuvent être divisés en deux classes, suivant le type de circuit magnétique employé. Un circuit magnétique fermé est utilisé quand des champs magnétiques très élevés sont nécessaires (200 et 500 kilowatts). Un circuit magnétique ouvert est utilisé pour des arcs de plus petites dimensions, où des champs magnétiques aussi intenses ne sont pas nécessaires, et où il importe de diminuer le poids et l'encombrement.

Le convertisseur de 20 kilowatts est un exemple du type à circuit magnétique ouvert, employé pour les puissances de 5 à 100 kilowatts. Les bobines de champ sont prévues avec conduits de ventilation et amplement isolées. Une partie de ces bobines spécialement isolées, joue en même temps le rôle de bobines de choc. La chambre, en bronze, est prévue avec une porte pour pouvoir être facilement visitée. Une conduite percée dans le pôle supérieur permet l'admission de l'hydrocarbure nécessaire. Un bâton de carbone tenu dans un support démontable est utilisé comme électrode négative ou cathode. Il peut être déplacé le long de son axe, pour permettre le réglage de la longueur de l'arc, et amener les électrodes en contact en vue d'allumer l'arc. Pendant le travail, on règle la longueur de façon à avoir le courant de haute fréquence maximum. La longueur est différente à chaque fois qu'on emploie une longueur d'onde différente. Un petit moteur fait tourner lentement le charbon autour de son axe.

L'électrode positive est en cuivre et refroidie par une circulation d'eau. Elle est maintenue en place par un support isolé de la chambre de combustion par une combinaison amiante-ébonite.

Digitized by Google

Dans le type normal de 100 kilowatts les bobines de champ et de choc combinées au lieu d'être refroidies dans l'air, sont plongées dans une cuve pleine d'huile placée sous la chambre de combustion (fig. 63).

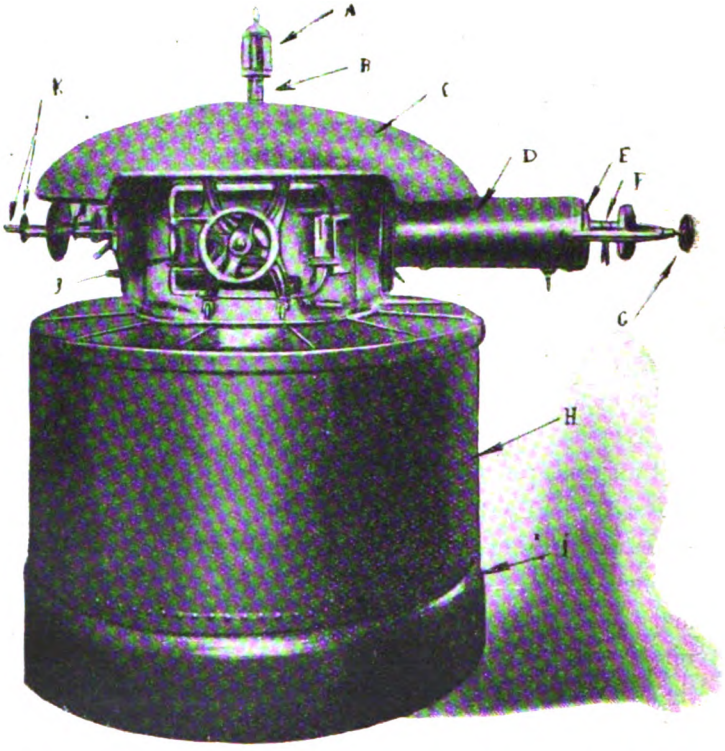



Fig. 63. — Convertisseur à arc de 100 kilowats (Type Federal Telegraph Co).
(Communiqué par la « Federal Telegraph Co »).

A. Récipient d'alcool. — B. Tubulure. — C. Contrepoids magnétique. — D. Chambre d'anode (refroidie par un courant d'eau). — E. Dispositif d'isolement. — F. Anode. — G. Volant de fermeture. — H. Bobines de champ (immergées dans l'huile). — I. Socle. — K. Mécanisme de réglage et d'allumage. — J. Chambre de combustion.

On emploie un circuit magnétique ouvert pourvu d'un contrepoids.

Au-dessus de 100 kilowatts, les convertisseurs sont prévus avec bobines de champ immergées dans l'huile et circuit magnétique fermé (fig. 64).

Digitized by Google

*Selfs d'antennes et commutateurs d'ondes.* — Les dimensions des bobines de self d'antennes varient suivant la capacité de l'antenne, l'intensité du courant qui les traverse, et l'échelle de la

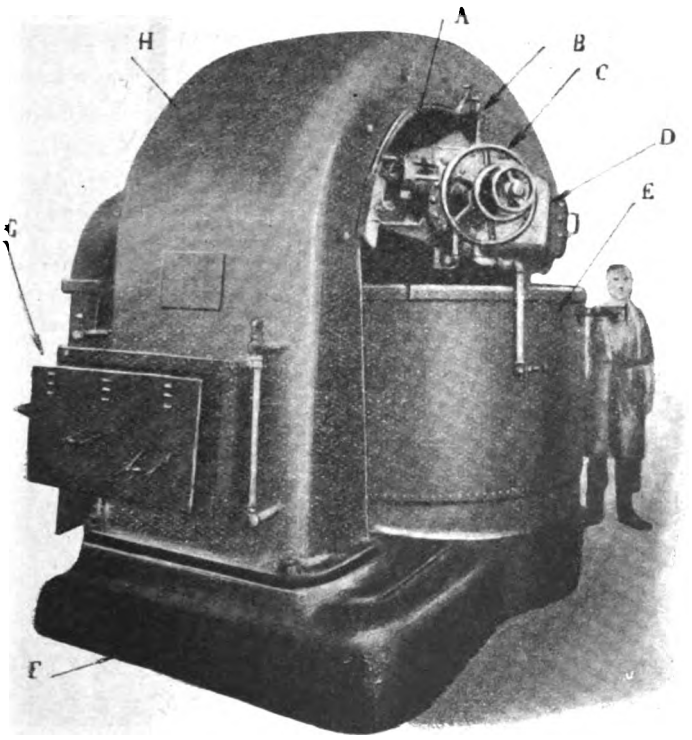



Fig. 64. — Convertisseur à arc de 500 kilowatts (Type Federal Telegraph Co). (Communiqué par la « Federal Telegraph Co »).

A. Moteur d'entraînement du carbone. — B. Tubulures pour introduction d'alcool. — C. Volant de réglage de l'arc. — D. Chambre de combustion. — E. Bobines de champ (immergées dans l'huile). — F. Socle. — G. Commutateurs de réglage du champ magnétique. — H. Carcasse de l'électroaimant de champ.

| | |
|---|---|
| Hauteur totale | 2,80 mètres |
| Poids | 85 tonnes environ |
| Socle | 3,70 × 2,45 mètres |

variation des longueurs d'ondes. Elles sont formées de câbles construits spécialement pour la haute fréquence.

Des prises sont faites en des points convenables des bobines de self d'antennes pour permettre les réglages et les changements de longueurs d'ondes par variation de la self insérée dans le

Digitized by Google

circuit d'antenne. Pour permettre les rapides changements de longueur d'onde, la station comporte généralement un commutateur d'ondes.

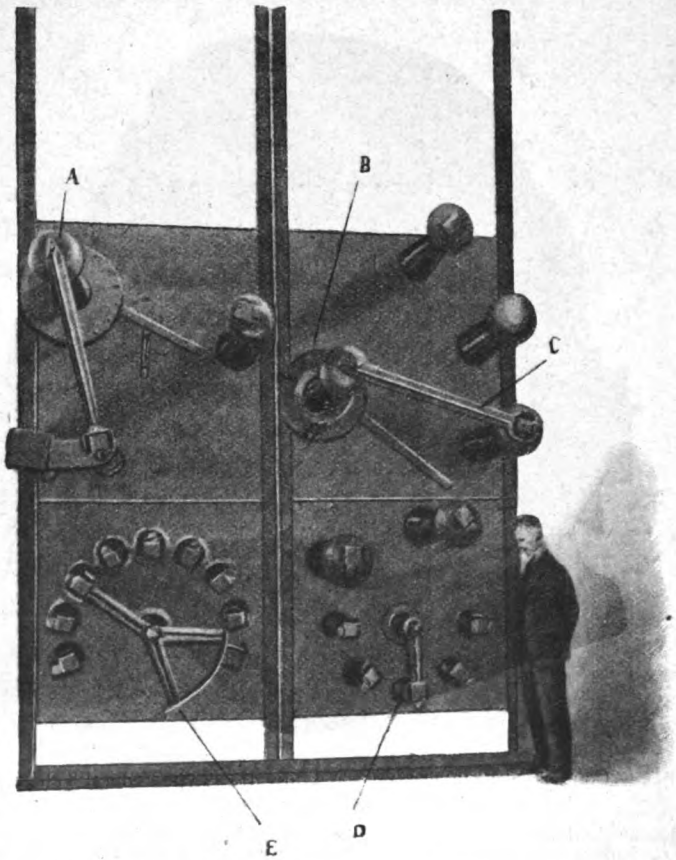



Fig. 65. — Commutateur d'ondes et commutateur d'antennes (pour postes de 200 à 500 kilowatts). Vue arrière.

(Communiqué par la « Federal Telegraph Co »).

A. Commutateur d'antennes. — B. Commutateur d'ondes automatique-principal. — C. Levier des commutateurs d'ondes. — D, E. Commutateurs auxiliaires d'ondes.

Ces commutateurs d'ondes sont manœuvrés au moyen d'une poignée. Tous les réglages nécessaires, y compris la variation du champ magnétique sont faits par la même opération.

Dans les postes terrestres de grande puissance le commu-

Digitized by Google

tateur d'ondes est manœuvré à distance par commande électrique. La fig. 65 représente le commutateur d'ondes pour poste de 200 à 500 kilowatts. Sur le même tableau est monté le commutateur, qui sert à mettre l'antenne soit sur transmission, soit sur réception, soit à la terre.

*Manipulation.* — Les dispositifs de manipulation actuellement utilisés sont de trois sortes :

1° Dans la méthode de compensation, on change la longueur d'onde émise en faisant varier la self-induction du circuit d'antenne (fig. 62).

2° Dans la méthode du « circuit absorbant » le courant est

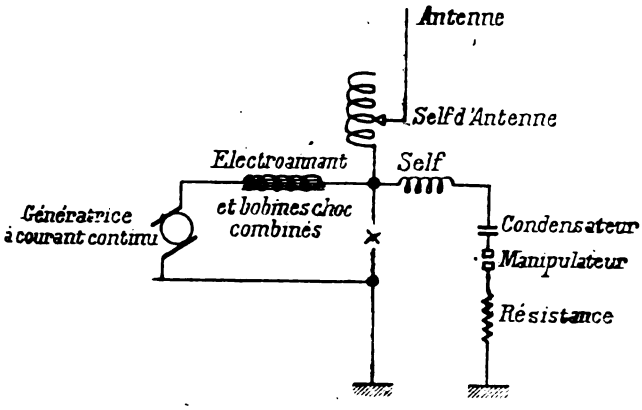



Fig. 66.

fourni par l'antenne pendant les points et les traits seulement, et est supprimé le reste du temps, en absorbant la puissance du convertisseur dans un circuit non rayonnant. Ce circuit absorbant comporte une self-induction, une capacité et une résistance placés en série aux bornes de l'arc, il est réglé de façon que, quand le circuit est fermé, tout le courant de haute fréquence passe dans le circuit absorbant (fig. 66).

Dès que la puissance devient un peu grande, le manipulateur est formé de plusieurs éléments en série et est commandé par relais.

Ces deux méthodes de manipulation sont recommandées jusqu'à des puissances qui ne dépassent pas 60 kilowatts.

Digitized by Google

3° Pour des puissances plus grandes, le manipulateur à hystérésis est préférable. Le montage est celui de la fig. 67. La clé Morse à main, ou le relais sont connectés de telle sorte que, quand l'un des circuits de manipulation est ouvert, l'autre est fermé. Quand le noyau de fer d'un des deux systèmes n'est pas aimanté par le courant continu, les pertes par hystérésis du noyau augmentent la résistance en haute fréquence du circuit enroulé sur ce noyau. Quand le noyau est aimanté, les pertes

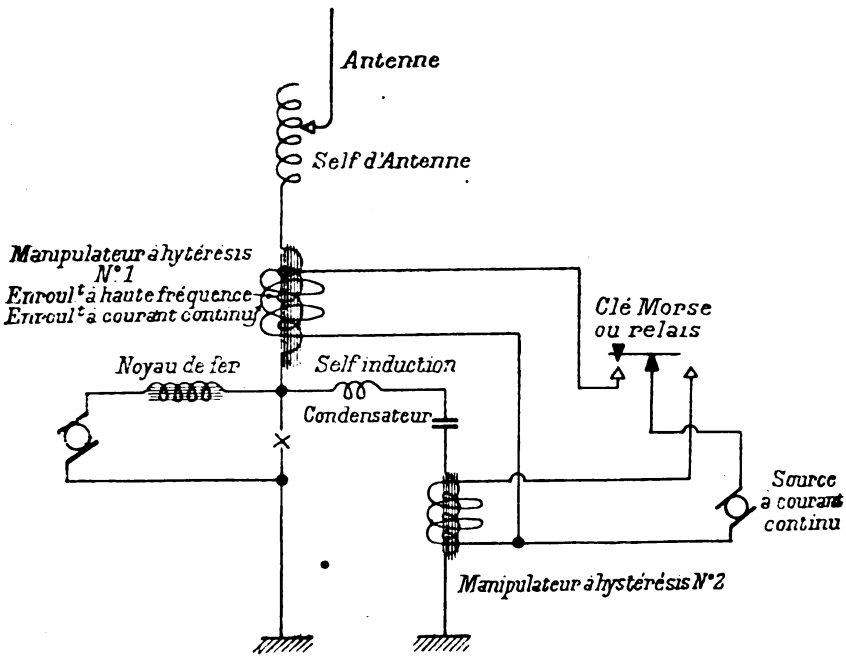



Fig. 67.
Communiqué par la « Federal Telegraph Co ».

sont réduites au minimum. La manipulation se fait en diminuant la résistance en haute fréquence du circuit dans lequel on désire faire passer le courant, et augmentant celle de l'autre circuit. Les constantes des circuits sont calculées de telle sorte que la puissance entière de l'arc puisse être confinée dans l'un quelconque des circuits suivant le bon plaisir de l'opérateur.

Ce système permet une manipulation très rapide, et a l'avan-

Digitized by Google

tage de ne comporter ni pièces mobiles ni contacts qui puissent s'user.

### IV. — Poste a étincelles de la station d'Arlington.

Le poste à étincelles de la station d'Arlington, fourni par la National Electric Signaling Co, est du type à alternateur et éclateur tournant synchrone et fonctionne suivant les principes que nous avons rappelés à propos des stations Marconi. Les appareils sont répartis en trois groupes : Système de charge, circuit d'excitation, circuit d'antenne (fig. 68).

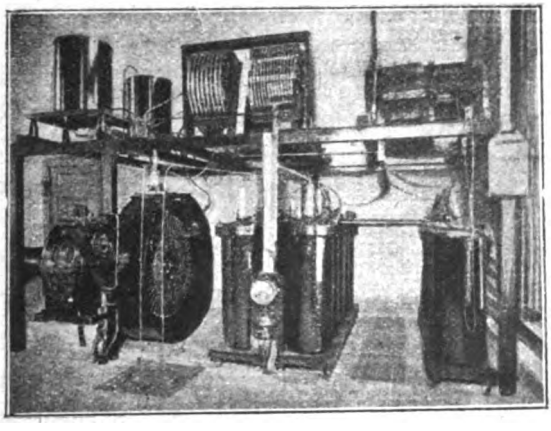


Fig. 68. — Poste à étincelles de 100 kilowatts de la station d'Arlington. (Extrait des *Proceedings of the Institute of radioengineers*).

Le moteur principal est un moteur Westinghouse triphasé de 200 chevaux, 220 volts, 25 périodes par seconde, mis en route au moyen d'un commutateur avec démarrage automatique. Le moteur entraîne directement une génératrice à courant continu 8 kilowatts, 110 volts, qui sert à l'excitation du moteur et de l'alternateur, et par courroie un alternateur de la General Electric Co 220 volts, 500 périodes par seconde, tournant à 1250 tours par minute.

De l'alternateur partent deux conducteurs allant au primaire

Digitized by Google

du transformateur, l'un directement, l'autre par l'intermédiaire d'un interrupteur manœuvré par un relais, qui sert pour la manipulation. Cet interrupteur est shunté par une résistance. Le relais de manipulation est commandé à grande distance par une clé Morse.

Les pôles du transformateur, côté haute tension (25.000 volts) sont reliés aux électrodes fixes de l'éclateur.

L'éclateur du type tournant se compose d'un disque de fibre, fixé sur l'arbre de l'alternateur, et muni d'une jante en cuivre portant 48 barres de cuivre, de 25 centimètres environ de longueur. Le disque tourne au voisinage de deux électrodes fixes qu'on peut refroidir au moyen d'un courant d'eau, et dont la position par rapport aux pointes est réglable, de façon qu'on puisse obtenir l'éclatement au moment où la charge du condensateur est maxima.

Le primaire du radiotransformateur est un solenoïde de 10 spires de 1,2 mètre de diamètre, fait en tube de cuivre de 2,54 centimètres de diamètre, avec des prises pour permettre le réglage ou la variation de la longueur d'onde.

Le condensateur présente un intérêt particulier. Il est du type à air comprimé. Chaque élément est formé d'une large cuve cylindrique dans laquelle sont enfermées des plaques, au nombre d'environ 200 ; l'une des armatures est connectée à la cuve, l'autre à un condensateur qui traverse un isolateur de sortie fixé au centre du couvercle. Les plaques sont placées à 3, 2 millimètres de distance. La mise en service de ces condensateurs exige des précautions spéciales. L'air est d'abord amené à la pression voulue (17. 6 kilogs par centimètre carré) et un limiteur de tension, formé de deux boules situées à une distance un peu plus grande que celle de deux plaques, est fixé à l'extérieur de la cuve entre la sortie du conducteur central et la cuve. On met alors sous tension par intermittences, de façon à permettre à l'intérieur entre les plaques l'éclatement d'étincelles, qui brûlent les poussières, jusqu'à ce que l'étincelle éclate au limiteur de tension. La distance explosive de ce dernier est alors allongée, et l'opération continue jusqu'à ce qu'elle atteigne 2, 54 centimètres.

Digitized by Google

Pendant cette opération, le voltage de l'alternateur doit être réduit autant que possible. On arrive ainsi à ce que l'étincelle éclate à travers 2, 54 centimètres d'air à la pression atmosphérique avant d'éclater à travers 3,2 millimètres d'air comprimé. Chaque unité du condensateur a une capacité de 0,036 microfarad. 14 éléments sont employés, répartis en deux groupes en série de chacun 7 éléments en parallèle.

Le circuit d'antenne comprend le secondaire du transformateur d'oscillations, formé d'un solénoïde de 20 spires de tube de cuivre de 9,5 millimètres de diamètre, et un self d'antenne. Le couplage entre le primaire et le secondaire du radiotransformateur est variable.

## 5° STATIONS A GRANDE DISTANCE DES SYSTÈMES TELEFUNKEN

La Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, ou, pour lui donner le nom abrégé sous lequel elle est plus connue, la Société allemande Telefunken avait installé avant la guerre, de 1912 à 1914, ses stations de Nauen et Sayville, destinées au trafic transatlantique la station de Funabashi, près Tokio, pour le compte du Gouvernement japonais.

Les stations de Sayville et de Nauen comprennent chacune deux installations, l'une à étincelles, à ondes amorties, l'autre à ondes entretenues. Celle de Funabashi comporte seulement un poste à étincelles.

### I. — Postes a étincelles. Station de Funabashi.

*Antenne.* — La station de Funabashi, installée dans un emplacement idéal au point de vue technique, possède une gigantesque antenne en parapluie supportée par un pylône central de 200 mètres de hauteur entouré de 18 pylônes de 80 mètres, répartis à égale distance, sur une circonférence de 400 mètres de rayon (fig. 69).

Digitized by Google

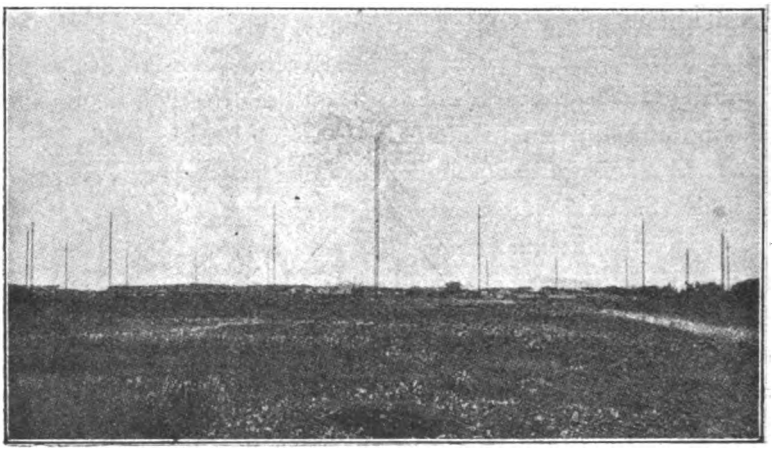


Fig. 69. — Antenne de la station de Funabashi.
(Extrait du *Wireless World*).

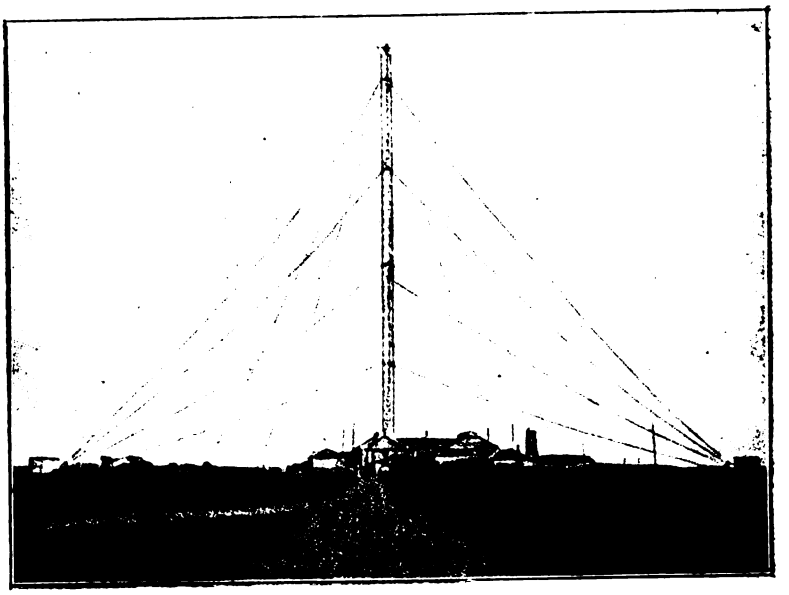


Fig. 70. — Station de Funabashi. Pylône central, bâtiments et dispositif de prise de terre.
(Extrait du *Wireless World*).

Digitized by Google

*Prise de terre.* — Le mode de prise de terre présente des particularités intéressantes. Les bâtiments de la station étant situés à la base du pylône central, on a voulu éviter que les masses métalliques qu'ils contiennent ne déforment le champ électromagnétique au voisinage du centre de l'antenne, et, dans ce but, les fils de terre partant du poste d'émission montent au-dessus des bâtiments (fig. 70) puis rayonnent sur les sommets d'une série de pylônes de faible hauteur, répartis sur une circonférence autour du pylône central, s'enfoncent ensuite dans la terre, puis s'étendent jusqu'aux extrémités du terrain de la station. De cette façon les bâtiments de la station sont placés au-dessous de la prise de terre. Cette disposition améliore le rayonnement et la réception.

*Poste à étincelles. Principe.* — Le poste à étincelles de Sayville est d'une puissance de 60 kilowatts environ. Ceux de Funabashi

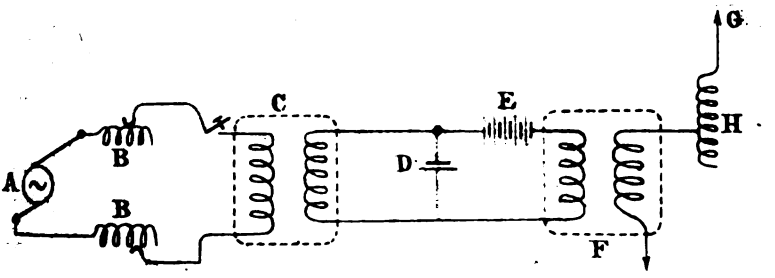



Fig. 71. — Montage d'un poste Telefunken à étincelles.

A. Alternateur. — B. Selfs. — C. Transformateur. — D. Condensateur. — E. Eclateur. — F. Radiotransformateur. — G. Antenne. — H. Self d'antenne.

et de Nauen sont de 250 kilowatts. Les appareils et machines sont répartis, comme dans tout système à étincelles, en trois circuits, dont les fonctions respectives sont la charge des condensateurs, la production du courant de haute fréquence et l'excitation de l'antenne, et le rayonnement de l'énergie électromagnétique à travers l'éther (fig. 71). La caractéristique du système Telefunken est la réalisation de l'excitation de l'antenne par impulsion, au moyen d'éclateurs à très courte distance explosive (deux dixièmes de millimètres environ). Les étincelles de

Digitized by Google

cette longueur ayant une très grande résistance s'éteignent très rapidement et les conditions nécessaires pour l'impulsion, que nous avons exposées ci-dessus, sont réalisées. Naturellement si l'éclateur ne comportait qu'une seule étincelle, celle-ci éclaterait dès que la différence de potentiel atteindrait quelques centaines de volts, et il serait impossible de mettre en jeu les quantités d'énergie nécessaires pour le travail à grande puissance. Aussi emploie-t-on des éclateurs composés d'une série de disques entre lesquels éclate une étincelle fractionnée en un certain nombre d'éléments (fig. 72), nombre très grand dans les stations de grande puissance. En vue d'absorber pendant le très peu de temps que dure l'étincelle toute l'énergie du circuit à condensateur, l'antenne est réunie à celui-ci par un radiotransformateur à accouplement serré. L'alimentation des condensateurs est fournie par un alternateur à fréquence musicale. La manipulation se fait en interrompant et rétablissant le circuit de charge entre l'alternateur et le transformateur.

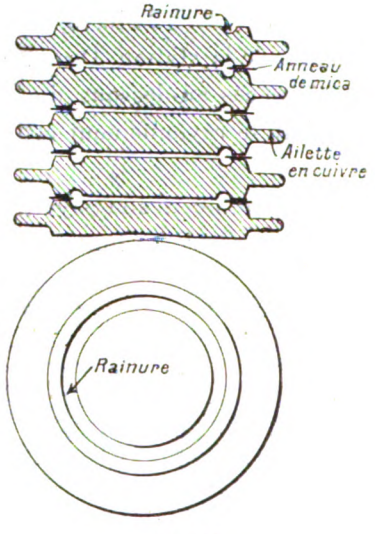


Fig. 72.

Le circuit d'antenne et le circuit à condensateur sont accordés à la même longueur d'onde, pour profiter des effets amplificateurs produits par la résonance. Le réglage du circuit de charge est tel qu'il éclate une étincelle par demi-période, soit pour un alternateur à 500 périodes, 1.000 étincelles par seconde. Dans ce cas la variation de la différence de potentiel aux bornes, des condensateurs et de l'intensité dans le circuit de charge sont en principe données par la fig. 73.

*Poste à étincelles. Description.* — Nous décrirons maintenant en détail le poste à étincelles de Nauen qui est, autant que j'en peux

Digitized by Google

juger d'après les renseignements que j'ai obtenus, identique à celui de Funabashi dans ses parties essentielles. La station est

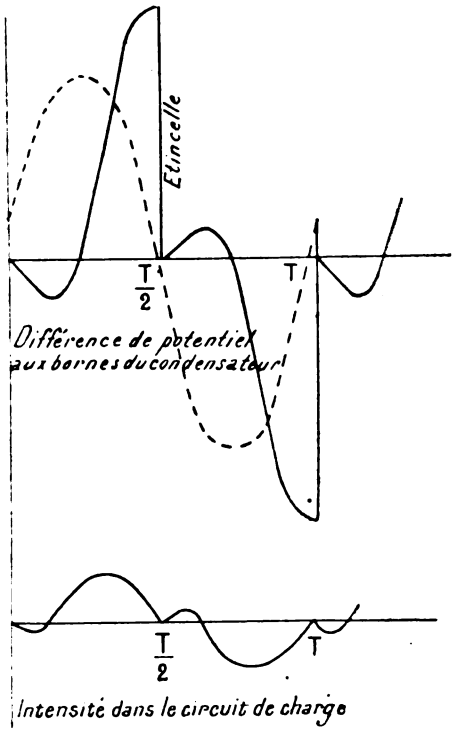



Fig. 73.

alimentée par un réseau d'énergie à courant alternatif 15.000 volts 50 périodes, qui est d'abord, à son arrivée à la station, amené, par un transformateur, à 120 volts, puis converti en courant continu à 220 volts. L'installation correspondante est prévue pour 300 à 350 kw. Ce courant continu alimente un alternateur à 500 périodes — 1.000 volts — 250 kilovolts ampères. Cet alternateur constitue la source de force électromotrice de charge du condensateur.

Les circuits de charge comprennent en outre un transformateur qui élève la tension de 1.000 à 75.000 — 100.000 volts et est relié à la batterie de condensateurs.

Digitized by Google

Le circuit d'excitation comprend la batterie de condensateurs de 32 éléments partiellement en série et partiellement en parallèle et un éclateur Telefunken composé de 4 meubles contenant chacun huit groupes de 10 éléments en série, refroidis par un courant d'air. Les étincelles éclatent entre des cylindres de cuivre séparés par des anneaux de caoutchouc. La self-induction se compose de plusieurs bobines qui sont disposées avec les bobines de couplage et d'accord, dans trois meubles en bois isolés. La longueur d'onde peut varier de 3.000 à 7.000 mètres.

La manipulation se fait par l'intermédiaire d'un relais qui interrompt ou rétablit le circuit de charge entre l'alternateur et le transformateur, et est commandé par un deuxième relais, lui-même actionné, soit par un manipulateur, soit automatiquement à l'aide d'un appareil Wheatstone.

La station de Funabashi travaille dans d'excellentes conditions. Elle assure les radiocommunications du Japon avec l'Amérique soit directement, soit plus souvent par l'intermédiaire de la station Marconi installée à Honolulu. Elle est entendue à Tahiti à une distance de 9.500 kilomètres.

## II. — Postes a ondes entretenues de la société Telefunken. Description de la station de Sayville.

Comme exemple de poste Telefunken à ondes entretenues produites par un alternateur à fréquence relativement basse, suivi d'une série de multiplicateurs de fréquence, je décrirai la station américaine de Sayville, qui comporte, en outre, comme caractéristique intéressante, une antenne avec contrepoids remplaçant la prise de terre.

*Antenne* (fig. 74). — L'antenne est une nappe de 32 fils de 4 millimètres de diamètre, rayonnant à partir du sommet d'un pylône central B, de 155 mètres de hauteur, et dont les extrémités sont supportées au moyen de 8 pylônes périphériques, dont deux A et C ont 170 mètres de hauteur, et les six autres, 75 mètres environ ; et des haubans CN, CM, AJ, AL, tendus entre les sommets des pylônes A et C, et des ancrages JLMN fixés dans le sol.

Digitized by Google

La plus grande dimension de la nappe est environ 700 mètres.

L'antenne est constituée de 8 sections arrivant indépendamment au poste et facilement éliminables en cas d'avarie de l'une

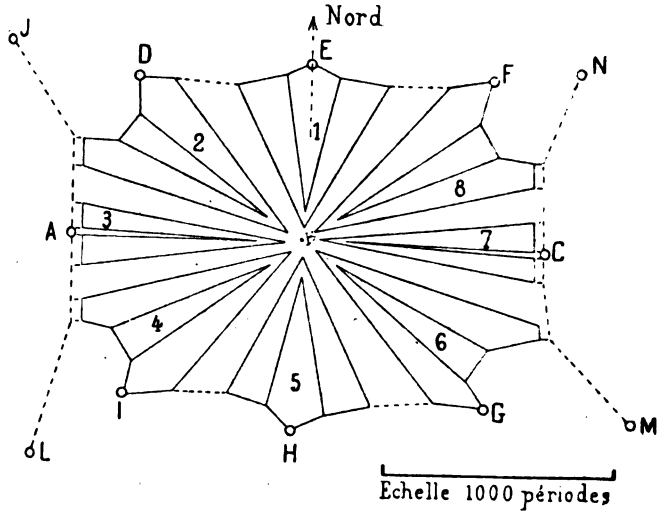



Fig. 74. — Plan de l'antenne de la station de Sayville.

B. Pylône de 155 mètres de hauteur. — A, C. Pylônes de 170 mètres de hauteur. D, E, F, I, H, G. Pylônes de 75 mètres de hauteur environ. — J, L, M, N. Ancrages de haubans.

d'elles. De plus, la descente se fait par deux fils pour chaque section, de sorte qu'on puisse chauffer les fils en cas de givre. Les descentes se font autour du pylône central B.

*Contrepoids.* — La station ayant été établie dans un terrain où la prise de terre ne peut être excellente, et peut-être aussi dans le but de s'assurer une syntonie meilleure et de diminuer l'influence des variations des constantes électromagnétiques du sol au voisinage du poste, la prise de terre a été supprimée et remplacée par un contre-poids. Il est formé d'une soixantaine de fils de 2 millimètres de diamètre, rayonnant à partir du pylône central, et portés par des isolateurs fixés au haut de poteaux de 5 mètres de haut. Ces fils sont un peu plus longs que ceux de la nappe d'antenne. Ils sont répartis en plusieurs sections qui peuvent être isolées les unes des autres.



Digitized by Google

*Réception*. — La réception est assurée au moyen d'un montage complexe à lampe assurant l'amplification, la génération des ondes entretenues et la détection ; montage établi sur les principes que nous avons exposés plus haut. Elle se fait, en se servant non de l'antenne principale, mais ordinairement de deux sections opposées du contrepoids, remplaçant, l'une l'antenne, l'autre la terre d'une installation ordinaire. L'antenne ainsi employée étant très basse, atténue les parasites, et en raison de sa forme, possède un effet directif notable, le maximum de réception étant dans le plan vertical passant par l'axe des sections utilisées.

*Poste de transmission. Principes. Longueurs d'ondes employées.* — Le poste de transmission comprend un alternateur monophasé pouvant tourner à 2 vitesses, 1.500 et 1765 tours, et produisant, suivant le cas, les fréquences 8.000 et 9.400. A la suite de l'alternateur on trouve deux doubleurs de fréquence, un tripleur et un troisième doubleur. Les combinaisons suivantes peuvent être employées :

| | Multiplication de fréquence par : | Vitesse 1500 tours Fréquence fondamentale : 8000 | | Vitesse 1765 tours Fréquence fondamentale : 9400 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Fréquence | Longueur d'onde | Fréquence | Longueur d'onde |
| 1° Les deux premiers doubleurs seulement..... | 2 × 2 = 4 | 32.000 | 9.400 | 37.600 | 8.000 |
| 2° Un doubleur, un tripleur..... | 2 × 3 = 6 | 48.000 | 6.300 | 56.400 | 5.300 |
| 3° Les trois doubleurs..... | 2 × 2 × 2 = 8 | 64.000 | 4.700 | 75.200 | 4.000 |

La longueur d'onde peut ainsi varier, par 8 échelons de 4.000 à 9.400 mètres.

La combinaison la plus généralement adoptée est celle de deux doubleurs, l'alternateur tournant à 1.500 tours par minute. La fréquence est alors 32.000 et la longueur d'onde 9.400 mètres.

Digitized by Google

*Principe des multiplicateurs statiques de fréquence.* — Le principe des multiplicateurs statiques de fréquence est le suivant :

Considérons par exemple deux transformateurs identiques ayant leurs primaires reliés en série (fig. 75). Les secondaires sont éga-

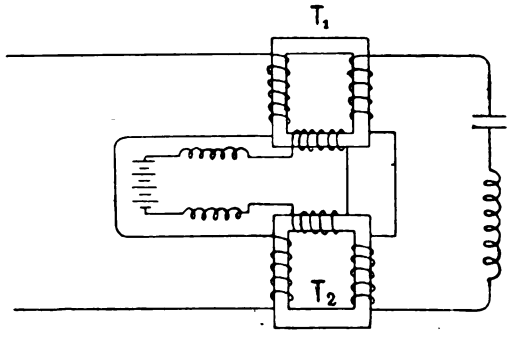



Fig. 75.

lement reliés en série, mais de telle façon que les forces électromotrices induites dans les primaires soient en opposition. Chaque transformateur porte un enroulement supplémentaire parcouru par un courant continu, positif, par exemple, réglé de telle sorte qu'il aimante les noyaux en sens contraire, et de telle façon que

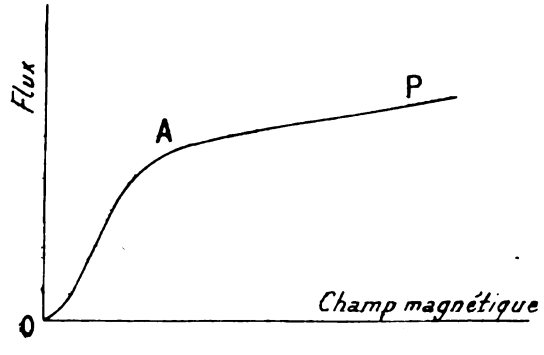



Fig. 76.

la saturation du fer est juste atteinte. Dans ces conditions, le flux est en A, tel que le point A soit placé exactement au coude de la caractéristique O A P qui représente le flux dans l'un des noyaux en fonction du courant (fig. 76). Supposons maintenant les

Digitized by Google

enroulements primaires parcourus par un courant alternatif d'amplitude B, et examinons ce qui se passe pendant une période. La première alternance produit dans le noyau 1 par exemple un effet de même sens que le courant continu d'alimentation, et par conséquent de peu d'amplitude, puisque le fer est déjà saturé, tandis que l'effet dans le noyau 2 est de sens contraire à celui du courant d'alimentation et par conséquent de grande amplitude. La variation du flux dans les deux noyaux est représentée par la figure 77.

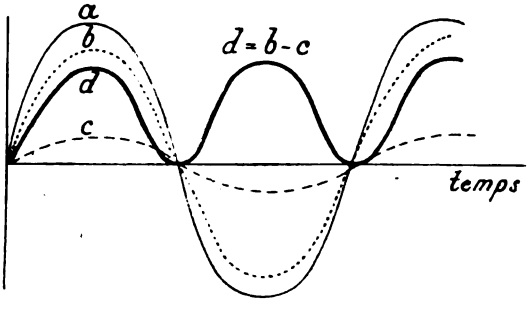



Fig. 77.

La courbe *a* représente le courant dans les primaires, la courbe *b* la variation du flux dans le secondaire du primaire transformateur ; et la courbe *c* la variation du flux dans le secondaire du deuxième transformateur. Pendant l'alternance suivante, c'est l'inverse qui se produit ; le flux dans le noyau du 2e transformateur n'augmente presque pas. Il diminue fortement dans le premier. La variation du flux dans l'ensemble du circuit secondaire qui comprend les deux secondaires montés de façon que les forces électromotrices induites par les primaires s'opposent, est obtenue en retranchant les ordonnées de la courbe *c* de celles de la courbe *b*, ce qui donne la courbe *d*. Le flux varie donc périodiquement dans le circuit d'utilisation avec une fréquence double de celle du courant qui traverse le primaire, et si le courant est réglé à la résonance pour la fréquence de cette force électromotrice, elle pourra débiter un courant important. Nous avons donc réalisé un doubleur de fréquence.

Digitized by Google

Considérons maintenant le montage de la figure 78 dans lequel les deux transformateurs sont différents, le premier étant construit de façon à être saturé avant que le maximum du courant primaire soit atteint ; le deuxième n'étant jamais saturé. Dans ces conditions, pendant une demi-période, le flux dans le noyau n° 1 commence par augmenter rapidement quand le courant augmente en partant de zéro ; puis il croît moins rapidement, et finit par devenir stationnaire, la saturation étant atteinte. Quand le courant diminue ensuite, la même variation se reproduit en sens inverse. La courbe *b* fig. 79 représente le flux dans le noyau 1. La courbe *a* représente le courant primaire. Dans le noyau 2, qui n'est jamais saturé, la courbe *c* qui représente le flux a une pointe très accusée au

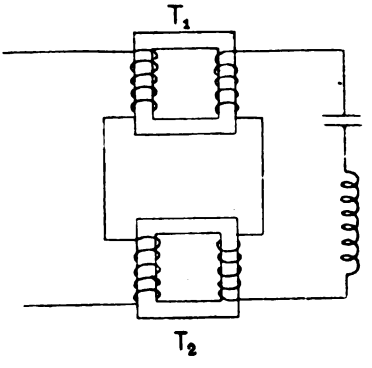



Fig. 78.

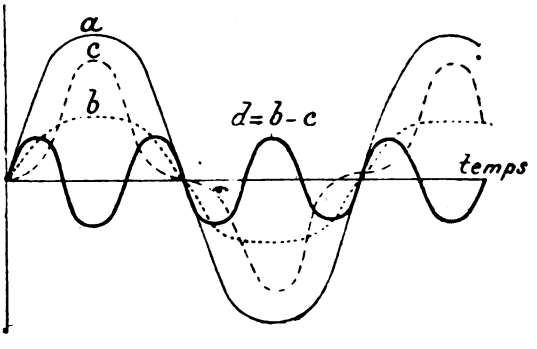



Fig. 79.

moment du maximum. Le flux qui agit sur l'ensemble des deux secondaires montés en opposition est la différence des flux *c* et *b*. Il est représenté sur la figure par la courbe *d*. Il a une fréquence triple du courant primaire ; il en est de même de la force électromotrice créée dans le circuit d'utilisation par l'action de ce

Digitized by Google

flux, et nous avons par conséquent réalisé un tripleur de fréquence.

*Description du poste de transmission.*—L'alternateur du système Telefunken est construit pour la puissance de 150 kilowatts. Il est entraîné par accouplement direct au moyen d'un moteur asynchrone triphasé pouvant tourner à 1.500 ou 1.765 tours par minute. L'alternateur donne dans ces conditions la fréquence 8.000 ou 9.400. Il est du type homopolaire à fer tournant, dont nous avons indiqué ci-dessus le principe dans nos considérations d'ensemble sur les divers systèmes d'émission à grande puissance. Les enroulements induit et inducteur sont fixes. L'induit comporte 640 bobines, réparties en deux bobinages montés en parallèle et divisés chacun en quatre sections entre lesquelles sont insérés des condensateurs. L'induit et les paliers sont refroidis par une circulation d'eau.

Dans le montage à deux doubleurs (multiplication par 4) les deux pôles de l'alternateur sont réunis au primaire du doubleur de fréquence n° 1. Une self et une capacité insérées dans le circuit servent au réglage de sa fréquence propre. Une dynamo à courant continu fournit le courant nécessaire à l'excitation des multiplicateurs de fréquence. Le courant à fréquence doublée par le premier transformateur passe ensuite dans le primaire du doubleur n° 2 par l'intermédiaire d'une capacité et d'une self de réglage. Le multiplicateur n° 2 comprend deux secondaires. L'un d'eux est relié au circuit d'antenne, formé de l'antenne et du contrepoids ; l'autre à un circuit d'antenne artificielle. Ces deux circuits sont réglés sur la fréquence donnée par le deuxième doubleur ; la manipulation qui se fait par relais, consiste à dérégler alternativement l'un d'entre eux : quand c'est le circuit d'antenne qui est déréglé, il n'est traversé par aucun courant ; quand c'est le circuit de compensation, tout le courant passe dans l'antenne qui rayonne alors de l'énergie. La manipulation se fait avec compensation et ne fait supporter à la machine aucune variation brusque de puissance. L'étincelle qui se produit au manipulateur est soufflée par un courant d'air.

Dans le cas de la multiplication par 6, un tripleur est substi-

Digitized by Google

tué au deuxième doubleur de la combinaison précédente. L'excitation de l'antenne et la manipulation se fait suivant les mêmes principes.

Dans le cas de la multiplication par 8, le tripleur n'est pas utilisé ; les trois doubleurs seulement sont employés.

Les enroulements des multiplicateurs sont plongés dans des cuves pleines d'huile, qu'on fait circuler au moyen d'une pompe pour assurer le refroidissement. Pour diminuer les pertes par courants de Foucault dans les noyaux d'acier des bobines, ceux-ci sont constitués de tôles extrêmement minces (quelques centièmes de millimètres d'épaisseur), isolées les unes des autres et empilées.

*Énergie émise. Rendement.* — Avec une puissance absorbée au réseau de 200 kilowatts environ, on obtient 50 kilowatts environ dans l'antenne. Le courant dans l'antenne est dans les conditions normales de fonctionnement 160 ampères.

## 6° STATIONS DE GRANDE PUISSANCE DU SYSTÈME GOLDSCHMIDT

Les stations de Tuckerton, située aux environs de New-York, et d'Eilvese, établie en Allemagne près de Hanovre, furent construites en 1913-1914, par la Société allemande qui exploite les brevets Goldschmidt, la deuxième pour le compte de cette Société, la première pour le compte de la Compagnie Universelle de télégraphie et de téléphonie sans fil, Compagnie française propriétaire des brevets Goldschmidt pour tous les pays excepté l'Allemagne. La station de Tuckerton devait être cédée à la Compagnie française dès que les essais seraient terminés.

Au moment de la déclaration de guerre de l'Allemagne à la France, et de l'Angleterre à l'Allemagne, les stations étaient terminées ; mais les essais de la station de Tuckerton n'étaient pas faits. La Compagnie française avait toutefois versé 90 % du prix de la station, les 10 % restants devaient être payés après les essais. Elle offrit de payer immédiatement ces 10 % et demanda d'être mise en possession de la station. Les Allemands

Digitized by Google

refusèrent. Un procès fut engagé. Sans en attendre l'issue, le président Wilson décida que, pour conserver la neutralité, pour tenir la balance égale entre les Alliés, détenteurs de câbles sous-marins, et les Allemands privés de toute liaison télégraphique avec les États-Unis, la radiocommunication Tuckerton Eilvese serait mise en service, la station de Tuckerton étant exploitée par le personnel allemand qui l'avait établie, sous la direction du Département de la Marine. Et voilà comment une station, payée aux 9/10 par l'argent français, fut exploitée pendant près de trois ans au profit de nos ennemis.

Pendant ce temps-là le procès suivait son cours. Il a abouti récemment à une reconnaissance des droits de la Compagnie Universelle de télégraphie et de téléphonie sans fil. Mais, l'entrée en guerre des États-Unis étant intervenue, et les autorités maritimes ayant par suite pris en mains l'exploitation de toutes les stations radiotélégraphiques, Tuckerton est maintenant, jusqu'à la fin des hostilités, aux mains d'un personnel de la Marine des États-Unis. A la fin de la guerre, la station sera rendue à la Compagnie française.

Le matériel eut, lui aussi, ses avatars. Peu après la mise en service de la station, l'alternateur haute fréquence, qui était un des organes essentiels, fut mis hors de service par un éclatement du rotor. La Marine américaine, estimant que la radiocommunication avec l'Allemagne devait être maintenue, fit installer un arc à haute fréquence. Un nouveau rotor vint ensuite d'Allemagne, et, jusqu'à l'entrée en guerre des États-Unis, le service se fit, alternativement, avec l'alternateur à haute fréquence ou avec l'arc, suivant les circonstances.

Depuis que les États-Unis sont en guerre, le personnel allemand de la station a été interné, et le service se fait avec l'arc seulement.

Les stations d'Eilvese et de Tuckerton qui sont d'ailleurs identiques sont, au point de vue technique, extrêmement intéressantes, le caractère essentiel étant la présence d'un alternateur Goldschmidt à grande puissance et à haute fréquence ; je décrirai la station de Tuckerton.

Digitized by Google

*Emplacement.* — Elle est située à proximité de New-York, dans un terrain plat marécageux au voisinage de la mer.

*Antenne.* — L'antenne, en parapluie, est supportée par un pylône de 250 mètres de hauteur, coupé au milieu de sa hauteur, les deux sections étant séparées par des isolateurs, et muni

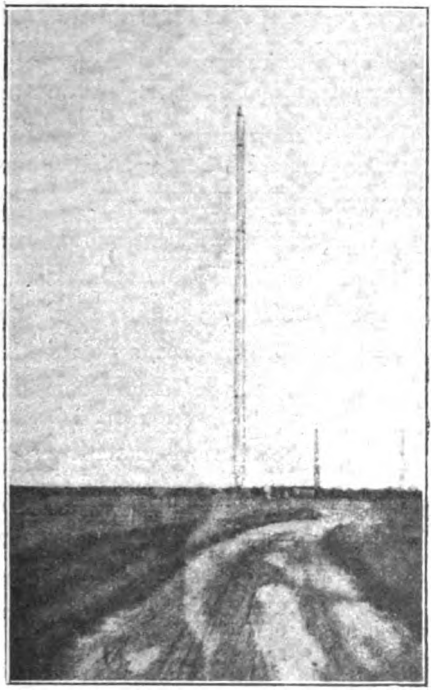


Fig. 80. — Pylône de 250 mètres de la station de Tuckerton.

également, à sa base, d'isolateurs en porcelaine qui peuvent d'ailleurs être court-circuités si l'on veut établir la communication avec le sol. Le pylône est maintenu par des séries de haubans, dont il est électriquement isolé, et qui sont eux-mêmes sectionnés en tronçons isolés (fig. 80).

Ces haubans sont munis de contre-hauhans, pour éviter leur déplacement sous l'action du vent.

L'antenne, en forme de parapluie, comporte 36 fils descendants. La montée est constituée par six fils qui, à partir d'une

Digitized by Google

certaine hauteur, se partagent chacun en six fils, formant 36 conducteurs qui vont se souder au haut du pylône aux 36 fils de descente. Les fils de descente, de 200 mètres de longueur, sont reliés à leur extrémité inférieure, par l'intermédiaire d'isolateurs, à des câbles d'acier, coupés de place en place par des isolateurs et allant se fixer au sommet de poteaux répartis à égale distance l'un de l'autre sur une circonférence de 2.000 mètres de diamètre environ ayant pour centre le pylône. L'antenne est divisée en six sections comprenant chacune six fils descendants et une montée composée d'un fil, puis de six, fixés au haut des fils descendants. L'ensemble des fils d'une section est soutenu au sommet du pylône par l'intermédiaire d'une chaîne de douze maillons isolants en porcelaine (fig. 81).

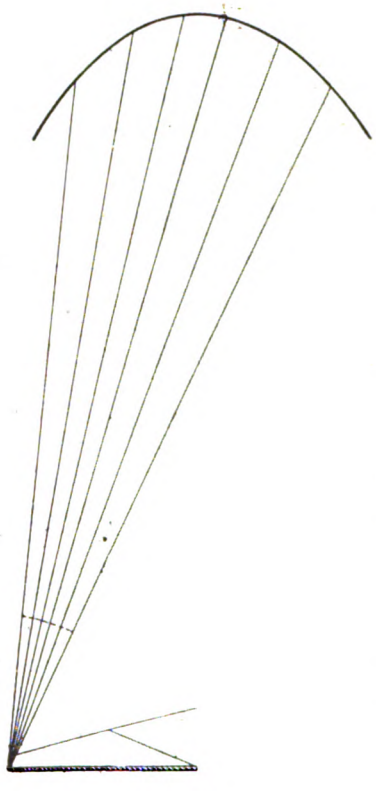


Fig. 81.

*Principe de l'alternateur Goldschmidt.* — Le poste d'émission est caractérisé par la présence d'un alternateur Goldschmidt. On s'explique facilement le principe de cette machine en se servant de cette remarque, qu'un champ magnétique alternatif de puissance $\omega$ peut être considéré comme formé de deux champs magnétiques tournant en sens inverse avec la vitesse $\omega$ (fig. 82).

La machine est composée d'un rotor et d'un stator identiques. L'enroulement du stator S est parcouru par du courant continu. Il induit dans le rotor R, tournant à la vitesse angulaire $\omega$, du courant alternatif de pulsation $\omega$. Ce courant alternatif provoque

Digitized by Google

dans les enroulements un champ magnétique de même pulsation, fixe par rapport au rotor, donc décomposable en deux champs magnétiques animés par rapport au rotor, des vitesses angulaires $\omega$ et $-\omega$ ou, le rotor tournant lui-même avec la vitesse $\omega$, deux champs magnétiques animés des vitesses absolues 0 et $-2\omega$. Le deuxième induit dans le stator un courant alternatif de pulsation $2\omega$, c'est-à-dire de fréquence double de la fréquence fondamentale.

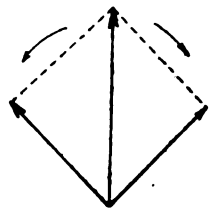


Fig. 82.

Ce courant alternatif engendre un champ magnétique de pulsation $2\omega$ et $-2\omega$ et, comme le rotor tourne à la vitesse $\omega$, ces deux champs magnétiques tournent avec les vitesses angulaires $\omega$ et $-3\omega$ par rapport au rotor. Elles engendrent donc dans cet enroulement des courants alternatifs de fréquences une fois et trois fois la fréquence fondamentale. Le courant, de pulsation $3\omega$, engendre dans le rotor un champ magnétique de pulsation

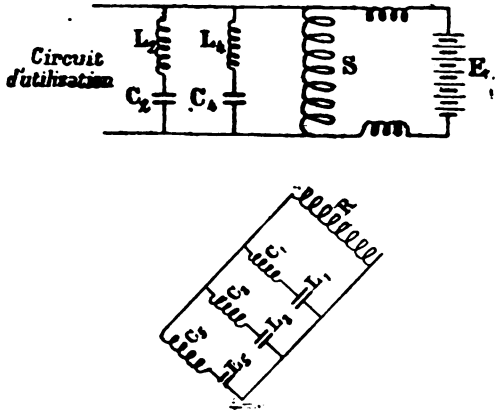



Fig. 83.

$3\omega$, fixe par rapport au rotor, équivalent à deux champs magnétiques tournants animés des vitesses $3\omega$ et $-3\omega$. Le rotor tournant lui-même avec la vitesse angulaire $\omega$, les vitesses angulaires absolues de ces champs magnétiques sont $2\omega$ et $4\omega$, et elles

Digitized by Google

engendrent dans le stator des courants de fréquence $2\omega$ et $4\omega$. Et ainsi de suite. Le stator est donc le siège de courants de fréquence $2n$, $4n$, $6n$..... ; le rotor est parcouru par des courants de fréquence $n$, $3n$, $5n$, etc..... Supposons qu'on veuille utiliser le courant de fréquence $6n$. On disposera aux bornes du stator un système de selfs et de condensateurs $C_2$ $L_2$ (fig. 83), tel qu'il forme avec le stator un circuit accordé sur la fréquence $2n$ ; et un système $C_4$ $L_4$ tel qu'il forme avec le stator un circuit accordé sur la fréquence $4n$. On disposera de même aux bornes du rotor des systèmes $C_1$ $L_1$, $C_3$ $L_3$, $C_5$ $L_5$, tels qu'ils forment avec le rotor des circuits respectivement accordés pour les fréquences $n$, $3n$, $5n$.

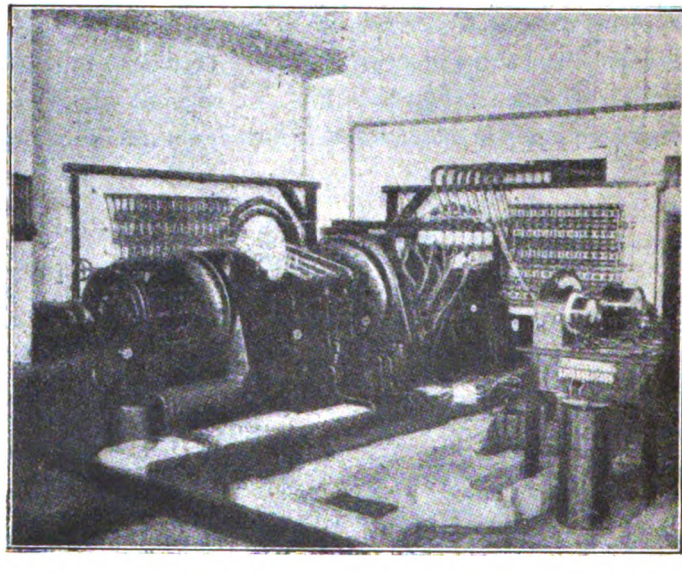


Fig. 84. — Alternateur Goldschmidt de la station de Tuckerton.

Le circuit d'utilisation est d'ailleurs accordé sur la fréquence correspondante. De la sorte on amplifie le courant d'utilisation, par résonances successives des harmoniques du courant fondamental d'ordre inférieur ou égal à l'harmonique utilisée.

*Description de l'alternateur* (fig. 84). — Dans les stations d'Eilvese et de Tuckerton, l'énergie est fournie sous forme de cou-

Digitized by Google

rant continu 220 volts par groupe moteur-générateur composé d'une machine à vapeur Wolf de 500 chevaux, entraînant par courroie un groupe de deux dynamos à courant continu.

Ces machines alimentent le moteur à courant continu qui entraîne par accouplement direct la dynamo génératrice haute fréquence de 160 kilowatts de puissance.

Cette machine comporte un rotor et un stator identiques, portant chacun un enroulement à 384 pôles. L'enroulement est fait à raison d'un conducteur par pôle, les conducteurs consécutifs étant reliés en zigzag (fig. 85). Les encoches qui séparent les pôles (fig. 86) sont en forme de cercles de 5 millimètres de diamètre avec une ouverture du côté de l'entrefer. Pour éviter dans la mesure du possible les pertes par courants de Foucault dans les tôles, celles-ci sont extrêmement minces (3/100 millimètre d'épaisseur); elles sont faites d'éléments juxtaposés ayant la forme

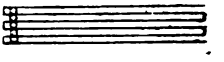


Fig. 85.

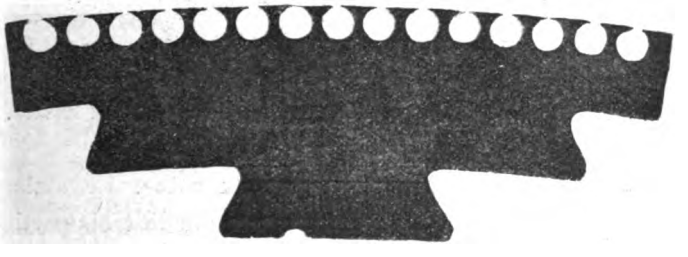


Fig. 86. — Tôle de l'alternateur Goldschmidt.

indiquée (fig. 86). Le graissage des paliers se fait avec circulation d'huile sous pression.

Si le moteur tourne à 3.130 tours par minute, la fréquence fondamentale est 10.000. Le rotor est muni de circuits d'accord pour la fréquence 10.000 et la fréquence 30.000, le stator pour la fréquence 20.000. Le circuit antenne-terre réglé sur la fréquence 40.000, qui est la fréquence d'utilisation, est relié au stator (fig. 87).

Le rotor est divisé en deux parties agissant en parallèle. Cha-

Digitized by Google

cune d'elles comporte son circuit d'accord particulier pour la fréquence fondamentale $n$, formé d'un condensateur et d'une self constituée de deux spires de 1 mètre de diamètre environ en tube de cuivre de 12 centimètres de diamètre environ, et son circuit d'accord sur la fréquence $3n$, constitué en mettant sim-

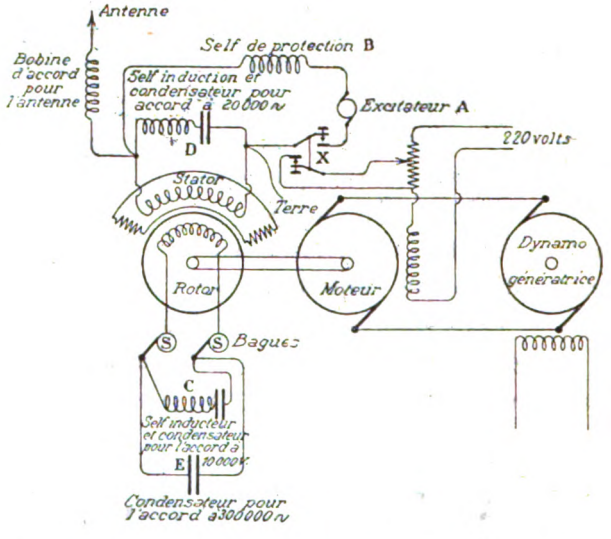



Fig. 87. — Montage des postes Goldschmidt de Tuckerton et Eilvese.

plement un condensateur aux bornes du rotor. Le stator est divisé en quatre sections, composées chacune de trois parties en parallèle, chaque partie comprenant 32 pôles. Chaque section a son circuit d'accord spécial sur la fréquence $2n$, circuit obtenu en mettant aux bornes du stator un condensateur et une self composée de 13 tours de 80 centimètres de diamètre en tube de cuivre. Le circuit d'antenne qui contient, outre l'antenne et la prise de terre, des condensateurs et des selfs de réglage, est accordé sur la fréquence $4n$ et relié au stator.

Le rendement paraît être de 80 % environ pour la production de la fréquence fondamentale, et 80 % pour chaque transformation de fréquence, soit en définitive $\overline{0{,}80}^{4} = 0{,}40$ environ.

A Tuckerton la vitesse de l'alternateur est réglée pour donner

Digitized by Google

la fréquence fondamentale 8.640, soit dans l'antenne la fréquence $8.640 \times 4 = 34.560$ ou la longueur d'onde 8.700 mètres.

*Manipulation.* — En raison de la disposition en zigzag des enroulements, ceux-ci présentent une self-induction très faible, de sorte que la manipulation peut se faire sur l'excitation, laquelle absorbe seulement 8 kilowatts. Des dispositions spéciales sont prises pour éviter des variations de vitesse, au moment de la rupture et de la fermeture du circuit d'excitation, variations qui auraient pour conséquence des variations de la fréquence de l'alternateur, et, par suite, de la longueur d'onde émise. Dans ce but, le circuit d'excitation du moteur, alimenté par une source indépendante, contient une résistance auxiliaire. Quand le manipulateur ouvre le circuit d'excitation, et, supprimant du coup la charge de l'alternateur, tend à augmenter sa vitesse, il court-circuite en même temps cette résistance, et la vitesse du moteur tend à diminuer. Inversement, quand le manipulateur ferme le circuit de la génératrice à haute fréquence, celle-ci travaille à pleine charge, et sa vitesse tend à diminuer ; mais en même temps la résistance auxiliaire est insérée en série dans le circuit d'excitation du moteur, dont la vitesse tend à augmenter. En réglant convenablement la valeur de la résistance auxiliaire, on arrive ainsi à une vitesse pratiquement constante quelle que soit la puissance demandée à la génératrice à haute fréquence.

Les dispositifs de coupure du circuit d'excitation de la génératrice et de court-circuitage de la résistance auxiliaire sont commandés par deux relais en série à partir d'un manipulateur Morse dans le cas de la transmission manuelle, ou d'un appareil Wheatstone dans celui de la transmission à grande vitesse.

La dynamo débitant 160 kilowatts, le courant dans l'antenne est 200 ampères.

*Poste à arc.* — En outre de l'émission avec alternateur, la station comporte une installation de transmission avec un arc de haute fréquence de 60 kilowatts. Ayant à décrire plus tard plusieurs postes de ce genre, nous ne nous étendrons pas davantage pour le moment, sur ce sujet.

Digitized by Google

*Réception.* — La réception, faite autrefois au moyen de la roue qui chante (*Ton-Rad*) de R. Goldschmidt, est assurée maintenant par un dispositif à lampes, avec montages Détecteur-Amplificateur-Générateur d'Armstrong (fig. 88). Dans le cas de la réception à grande vitesse, les signaux sont enregistrés au moyen du télégraphone Poulsen.

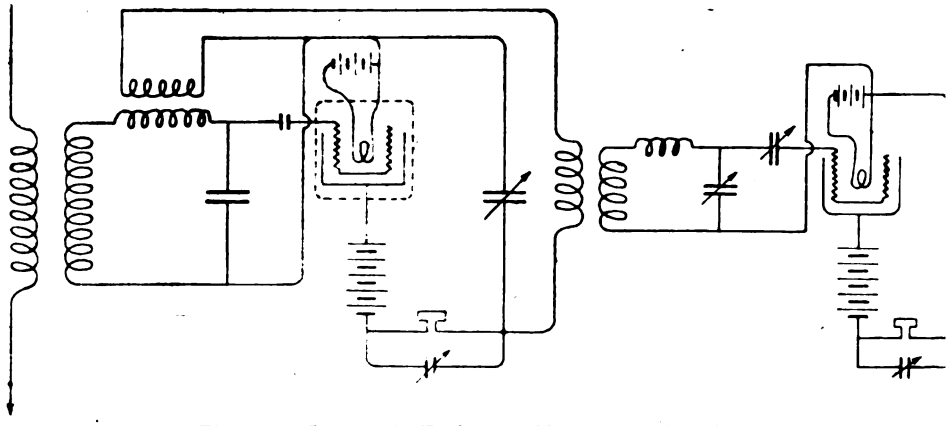


Fig. 88. — Station de Tuckerton. Montage de réception.

## 7° PROCÉDÉS ALEXANDERSON

Dans les deux types d'oscillations à ondes entretenues que nous venons d'examiner : système Telefunken et Goldschmidt, les oscillations de fréquence relativement basse produites par un alternateur sont transformées en courants de haute fréquence, soit à l'intérieur de la machine, soit dans des appareils spéciaux. Nous avons vu ci-dessus que les alternateurs à fer tournant nous fournissent un moyen nouveau de résoudre le même problème, tant que la fréquence n'est pas trop élevée. Quoique ce procédé ne soit pas encore employé en pratique dans des stations de grande puissance, il paraît devoir aboutir, dans un délai très prochain, à la suite des études d'un éminent ingénieur américain, E. F. W. Alexanderson, à une réalisation dont l'apparition fera probablement date dans l'histoire des radiocommu-

Digitized by Google

nications. En même temps que son alternateur, Alexanderson développe d'ailleurs tout un ensemble de méthodes qui tendent à résoudre un certain nombre de problèmes très importants : augmentation du rendement de l'antenne ; amplification des courants ; manipulation pour la télégraphie ; contrôle microphonique des oscillations pour la téléphonie sans fil ; télégraphie sans fil multiple ; multiplication de la fréquence par transformateurs statiques ; émission et réception simultanées dans une même station ; l'ensemble de ces recherches sera très probablement le point de départ d'importants progrès.

## I. — Antenne multiple.

L'énergie dissipée dans une antenne d'émission se compose de deux parties : celle qui est rayonnée et va au loin impressionner les stations réceptrices ; celle qui est perdue sous forme de chaleur dans les conducteurs de l'antenne et la prise de terre.

L'énergie rayonnée est proportionnelle au carré du courant et à un terme T, appelé radiance

$$T = 160\ \pi^2\ \frac{h^2}{\lambda^2}\ \text{ohms}$$

$h$ étant la hauteur efficace de l'antenne d'émission. Pour nous faire une idée de la grandeur de cette constante des antennes, supposons par exemple que la hauteur efficace soit 150 mètres, et calculons la valeur de T pour un certain nombre de longueurs d'onde. On a pour

$h = 150$ mètres

| $\lambda$ (mètres)..... | 6.000 | 7.500 | 9.000 | 12.000 |
|---|---|---|---|---|
| T (ohms)..... | 1 | 0,64 | 0,44 | 0,25 |

Les pertes comprennent l'énergie dissipée en chaleur dans les conducteurs et la prise de terre. De ces deux catégories, la deuxième est de beaucoup la plus importante et peut être considérée comme constituant toute l'énergie dépensée en pure perte. D'ailleurs, en raison de ce fait que les filets de courant qui partent de la base de l'antenne à la surface de la terre rayonnent



Digitized by Google

dans toutes les directions, la terre peut être considérée comme un conducteur de section variable, cette section étant la surface d'un cône à base circulaire ayant pour sommet le centre de la terre, et pour directrice un cercle, de rayon croissant, tracé à la surface de la terre, et ayant pour axe la verticale du point d'émission (fig. 89). La section croissant, la résistance diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'antenne, de sorte qu'en définitive, on peut, dans l'évaluation de la résistance de la prise de terre, considérer seulement une portion de la surface de la terre relativement petite autour de la base de l'antenne. Enfin, il est très difficile, dans les conditions de la pratique actuelle d'abaisser au-dessous de 1,5 ohms la résistance de la prise de terre.

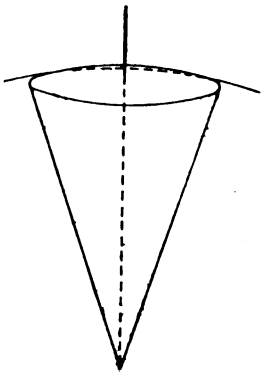


Fig. 89.

Soit R cette résistance. L'énergie perdue sera approximativement égale à $RI^2$, I représentant le courant à la base de l'antenne ; l'énergie rayonnée sera $TI^2$, de sorte que le rendement de l'antenne, ou rapport de l'énergie utile (énergie rayonnée) à l'énergie totale dépensée sera

$$n = \frac{T}{R + T}$$

Supposons $R = 1,5$

On a, dans le cas que nous avons considéré plus haut

| $\lambda$ (mètres) | 6.000 | 7.500 | 9.000 | 12.000 |
|---|---|---|---|---|
| T (ohms) | 1 | 0,64 | 0,44 | 0,25 |
| R + T | 2,5 | 2,14 | 1,94 | 1,75 |
| $\frac{T}{R + T}$ | 0,40 | 0,30 | 0,23 | 0,14 |

Digitized by Google

On voit que, la résistance des terres étant ordinairement pour les grandes longueurs d'ondes très supérieure à la radiance, le rayonnement des antennes est généralement très petit.

Il y a donc un intérêt capital à diminuer la résistance de la prise de terre. C'est le problème qu'a résolu Alexanderson. Cet inventeur n'ayant encore rien publié sur son procédé, je ne crois pas pouvoir donner ici tous les détails qu'il m'a communiqués. Je puis du moins dire qu'en principe sa méthode permet d'exciter en parallèle, à partir de la même source de haute fréquence, plusieurs antennes, de façon qu'elles soient toutes parcourues par des courants de même intensité et de même phase. Considérons (fig. 90) par exemple cinq antennes $A_1$, $A_2$, $A_3$, $A_4$, $A_5$, identiques, et

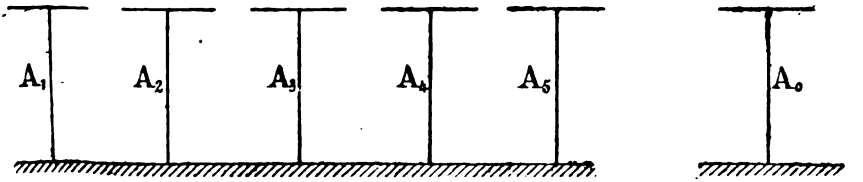



Fig. 90.

parcourues par des courants en phase et d'intensité efficace I, et comparons leur fonctionnement à celui d'une antenne identique parcourue par un courant d'intensité 5 I. On suppose d'ailleurs les cinq antennes concentrées dans un espace de dimensions petites par rapport à la longueur d'onde, et suffisamment éloignées l'une de l'autre pour que la distribution du courant dans la terre au pied de chacune d'elles soit sensiblement la même que si elles étaient isolées. La résistance de la prise de terre est alors la même, R, pour toutes les antennes $A_1$, $A_2$, $A_3$, $A_4$, $A_5$, $A_0$, considérées. Au point de vue du rayonnement, le système des cinq antennes élémentaires, de hauteur efficace $h$ et traversées par un courant I, est équivalent à l'antenne isolée $A_0$ de même hauteur traversée par le courant 5 I. La radiance T est donc la même pour les deux systèmes, soit

$$T = 160\,\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2$$

Digitized by Google

L'énergie perdue dans la terre de l'antenne $A_1$ par exemple, de résistance R, est

$$R\,I^2$$

Soit, pour les cinq antennes

$$5\,R\,I^2 = \frac{R}{5}\,(5\,I)^2$$

tandis que pour l'antenne isolée $A_0$, de résistance R, parcourue par un courant 5 I, l'énergie perdue dans la terre est

$$R\,(5\,I)^2$$

de sorte que la résistance est en somme R pour l'antenne isolée, $\frac{R}{5}$ pour le groupe de cinq antennes correspondantes, et le rendement est, dans les deux cas

| Antenne isolée | Radiance | Résistance de la terre | Rendement |
|---|---|---|---|
| $A_0$ | T | R | $\frac{T}{R+T}$ |
| Antenne multiple | T | $\frac{R}{5}$ | $\frac{T}{\frac{R}{5}+T}$ |

On a, par exemple, pour une antenne multiple à cinq branches, avec les hypothèses faites plus haut

h = 150 mètres

| $\lambda$ (mètres) | 6.000 | 7.500 | 9.000 | 12.000 |
|---|---|---|---|---|
| T (ohms) | 1 | 0.64 | 0.54 | 0.25 |
| R (ohms) | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| $\frac{R}{5}$ (ohms) | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| R + T (ohms) | 2.5 | 2.14 | 1.94 | 1.75 |
| $\frac{R}{5}$ + T (ohms) | 1.3 | 0.94 | 0.74 | 0.55 |
| Rendement de l'antenne simple.. $\frac{T}{R+T}$ | 0.40 | 0.30 | 0.23 | 0.14 |
| Rendement de l'antenne multiple.. $\frac{T}{\frac{R}{5}+T}$ | 0.77 | 0.68 | 0.94 | 0.45 |

Digitized by Google

On voit que, si la résistance de la terre est grande par rapport à la radiance, le dispositif d'excitation multiple augmente considérablement le rendement des antennes.

## II. — Alternateurs Alexanderson.

Les alternateurs Alexanderson sont du type à fer tournant. La pièce tournante est un disque d'acier chrome-nickel portant un certain nombre de dents réparties suivant sa circonférence, et aimanté par l'enroulement inducteur, de telle sorte que les dents se comportent comme des petits aimants ayant leurs pôles nord à droite par exemple et leurs pôles sud à gauche (voir figure ci-contre).

L'enroulement induit est disposé de part et d'autre du disque tournant ; il est constitué par un ou plusieurs conducteurs en parallèle disposés dans des encoches (2 encoches par pôle) en face des pôles du disque.

En raison des grandes vitesses de rotation nécessaires pour obtenir de hautes fréquences, les dispositions suivantes ont été adoptées :

1° Le disque est construit en forme de solide d'égale résistance ;

2° Pour diminuer les pertes dues à la rotation rapide du disque dans l'air, les intervalles entre les dents sont remplis de substance non magnétique (bronze).

Soit $n$ le nombre des dents du disque tournant, N le nombre de tours par seconde ; la fréquence est

$$F = N n$$

Les alternateurs sont de deux types :

1° A axe flexible, pour les fréquences de l'ordre de 100.000 périodes par seconde ;

2° A axe rigide pour les fréquences ne dépassant pas 50.000.

1° *Alternateurs à axe flexible.* — Nous avons pu examiner plusieurs machines de ce type tant au laboratoire de la General Electric C° (Schenectady) qu'à la station de la National Electric

Digitized by Google

Signaling C° à Brooklyn. Il présente les caractéristiques ci-dessous (fig. 91) :

Le disque tournant porte 300 dents, la vitesse de rotation peut atteindre 20.000 tours par minute. A cette vitesse la fréquence est de

$$F = \frac{20.000 \times 300}{60} = 100.000$$

Le diamètre du disque est 30 centimètres environ, la vitesse périphérique environ 300 mètres par seconde. Le disque est entraîné par l'intermédiaire d'un engrenage de rapport 1/10 par un moteur tournant à 2.000 tours.

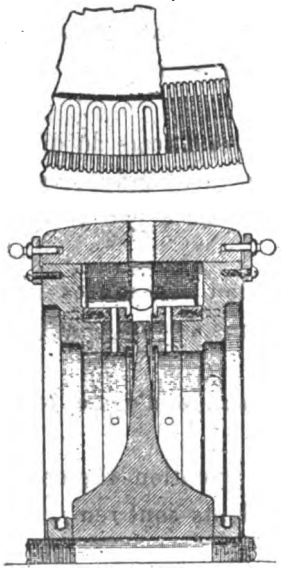


Fig. 91. — Alternateur Alexanderson.

L'arbre de rotation est flexible, pour permettre l'équilibre exact, en marche du disque tournant.

L'entrefer, réglable, est de l'ordre de 0,40 millimètre.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Voltage à vide : 110 volts.

Résistance ohmique : 1,2 ohm.

Courant de court-circuit : 20 ampères.

Courant avec condensateur à la résonance : 30 ampères sous 70 volts.

Le rendement serait de 40 °/₀.

La puissance demandée à l'alternateur pourrait sans danger être élevée jusqu'à 3,5 kilowatts.

Un certain nombre d'exemplaires de cette machine ont été construits et existent dans différents laboratoires.

La National Electric Signaling C° a fait, avec ces machines travaillant à 80.000 périodes, des essais de communication entre Brooklyn et Boston (220 miles, 350 kilomètres environ). Les essais ont été assez satisfaisants pour faire décider par cette

Digitized by Google

Compagnie l'établissement d'un service radiotélégraphique commercial entre New-York et Boston. L'ouverture de ce service a été empêchée par la déclaration de guerre des États-Unis à l'Allemagne.

Des essais de mise en parallèle de deux alternateurs à 100.000 périodes auraient réussi.

2° *Alternateurs à axe rigide.* — Pour les fréquences ne dépassant pas 50.000 périodes par seconde, Alexanderson construit, pour les puissances les plus variées, des alternateurs à axe rigide.

Une machine d'un kilowatt a été vue en fonctionnement.

Une machine de 60 kilowatts est en essais à la station de New-Brunswick, et a été examinée.

Enfin, Alexanderson nous a indiqué les caractéristiques d'un alternateur de 200 kilowatts actuellement en construction.

Toutes ces machines sont du type décrit plus haut.

Dans la machine de 60 kilowatts, 50.000 périodes que nous avons vue à New-Brunswick, la vitesse périphérique est 250 mètres par seconde, et le diamètre du disque environ 1,10 mètre. L'entrefer est de l'ordre de 0,8 millimètre.

Dans la machine de 200 kilowatts, 33.000 périodes en construction, les principes sont les mêmes. L'induit est refroidi par un courant d'eau. Le graissage se fait par circulation d'huile sous pression. Un dispositif de réglage automatique de l'épaisseur de l'entrefer, quelles que soient les dilatations des différents organes, sous l'action des tensions qu'ils supportent pendant la marche a été prévu. Les tôles de l'induit sont en acier doux de 0,044 millimètres d'épaisseur environ, émaillé sur ses deux faces.

Pour diminuer les difficultés d'isolement, l'induit est divisé en un certain nombre de sections isolées. Un transformateur comprenant autant de primaires qu'il y a de sections, et un seul secondaire inseré dans le circuit d'antenne, transmet l'énergie de l'alternateur à l'antenne.

Digitized by Google

### III. — Amplificateurs magnétiques. Manipulation. Téléphonie. Manipulation a grande vitesse. Télégraphie sans fil multiple.

La manipulation, dans le cas de la télégraphie, et le contrôle microphonique, dans le cas de la téléphonie, se font en insérant soit un manipulateur, soit un microphone, dans l'enroulement à courant continu d'un amplificateur magnétique (fig. 92), comportant deux branches en parallèle identiques, formées chacune d'une self L à noyau de fer et d'un condensateur C, le tout mis en série avec un condensateur C. L'ensemble est placé en dériva-

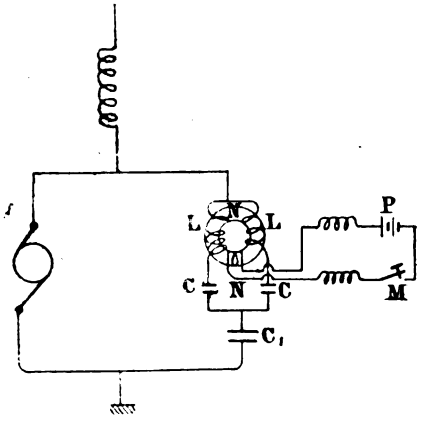



Fig. 92.

tion aux bornes de l'alternateur. Quand on ouvre le circuit du manipulateur M, l'ensemble des selfs L, des condensateurs C et $C_1$, de l'antenne et de la prise de terre, forme un circuit accordé sur l'alternateur, qui débite alors à pleine charge, de sorte que le courant dans l'antenne est maximum. Au contraire, quand le manipulateur est abaissé, du courant continu passe dans la bobine N, la self des bobines L L est changée et le circuit est désaccordé, de telle sorte qu'il ne passe plus rien dans l'antenne. Le condensateur $C_1$ a pour but de permettre d'obtenir ce résultat d'une façon aussi parfaite que possible. Et, en fait, pour une variation de courant de 1 ampère dans le circuit à courant continu, le courant

Digitized by Google

dans l'antenne pour une puissance de 50 kilowatts passe d'une valeur sensiblement nulle à la pleine puissance.

La courbe fig. 93 représente la caractéristique du système. Elle a pour abscisse la valeur du courant continu dans le circuit N M P, et pour ordonnée la valeur du courant correspondant dans l'antenne. On voit que quand le courant passe de la valeur zéro à la valeur O B, l'intensité efficace dans l'antenne passe de la valeur maxima à la valeur zéro. C'est le principe de la manipulation télégraphique.

Si le circuit P N M est traversé par un courant de fréquence musicale, oscillant entre zéro et O M, l'intensité efficace du courant de haute fréquence dans le circuit d'antenne éprouvera des oscillations de la même fréquence, oscillations d'amplitude O P, et le courant capté à la réception, après redressement par le détecteur, sera musical. On a ainsi réalisé la télégraphie sans fil musicale.

Plusieurs circuits P N M de manipulation à fréquences musicales différentes peuvent d'ailleurs être superposés sur le même

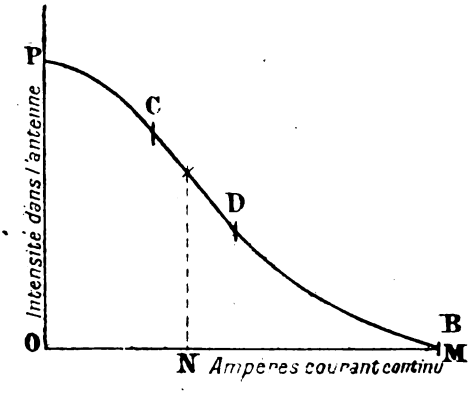



Fig. 93.

noyau magnétique N et l'on a la possibilité de réaliser ainsi une émission multiple, chacune des émissions composantes étant faite sur une note musicale différente, et pouvant être sélectionnée à la réception suivant la hauteur de sa note.

Digitized by Google

Enfin, la vitesse de la manipulation pourrait être extrêmement grande. On pourrait s'attendre à voir réaliser prochainement avec de grandes puissances une vitesse de 200 mots à la minute. Les signaux sont enregistrés à la réception sur une bande photographique.

Supposons enfin le circuit de contrôle P M N parcouru par un courant continu d'intensité O N (fig. 93) et superposons à ce courant un courant microphonique. Le point M correspondant à une région où la caractéristique est sensiblement une ligne droite, l'amplitude des oscillations de haute fréquence dans l'antenne suivra les variations d'intensité du courant microphonique. Il y aura simplement amplification du courant microphonique et transformation de ce courant en courant de haute fréquence. Et nous avons le principe d'un contrôle microphonique des oscillations utilisable en téléphonie sans fil.

En outre des études précédentes, Alexanderson travaille à la solution de divers problèmes : multiplication de fréquence, émission et réception simultanées. En raison du caractère confidentiel de ces dispositifs, il m'est impossible de les décrire ici.

Digitized by Google

## CHAPITRE III

# CONCLUSIONS

## 1° LE MATÉRIEL D'ÉMISSION

### I. —Oscillations entretenues et oscillations amorties

Au point de vue des méthodes d'émission, la première remarque à faire est que la pratique s'oriente définitivement et sans exception vers l'adoption de procédés qui fournissent des ondes entretenues, d'amplitude constante et de fréquence bien déterminée et unique. Dès 1912, 1913, les radiocommunications allemandes de Tuckerton, Eilvese et Sayville-Nauen furent installées : la première avec des alternateurs Goldschmidt ; la deuxième avec des transformateurs statiques de fréquence. La *Federal Telegraph C°* mettait en même temps au point les arcs de grande puissance et installait successivement, tant pour elle que pour la Marine des États-Unis, des postes de 40, 60, 100, 200, 350 kilowatts de puissance. La méthode à étincelles amorties subsistait pourtant encore, et les stations de Carnarvon et New-Brunswick, achevées en 1914, celles de San-Francisco et Honolulu, mises en service en 1914, comportent des postes de 300 kilowatts à courant alternatif et éclateur tournant synchrones ; mais nous avons vu que le remplacement des alternateurs par des dynamos à courant continu haute tension permet la transformation de cette méthode en un système de production d'ondes entretenues, et que plusieurs installations d'émission basées sur ce principe sont dès maintenant en cours d'établissement. L'alternateur d'Alexanderson, en construction, donnera, enfin, lui aussi, des ondes entretenues de grande puissance.

Il y a, en faveur de cette orientation très nette vers les ondes

Digitized by Google

entretenues, d'une seule fréquence, de bonnes raisons théoriques.

1° Tout d'abord, les amplifications qu'on peut obtenir par l'utilisation de la résonance aussi bien à la transmission qu'à la réception, sont d'autant plus grandes que les ondes émises sont plus pures et moins amorties. Si un circuit, tel que ceux que nous avons rencontrés dans tous nos montages, circuit doué de capacité et de self-induction, et par conséquent capable d'oscillations de fréquence déterminée, est soumis à une force électromotrice alternative d'amplitude donnée, le courant qui le traverse varie avec la fréquence de la force électromotrice ; il est maximum quand la fréquence de la force électromotrice est égale à celle de l'oscillation propre du circuit. Le maximum étant d'ailleurs d'autant plus accentué que l'amortissement est moins grand, il est clair que cette espèce d'amplification produite ainsi par résonance, est d'autant plus importante et par conséquent, que les énergies émise et reçue seront, à forces électromotrices égales, d'autant plus grandes, que les ondes émises seront plus pures et moins amorties.

2° En outre de cet effet, l'impossibilité d'obtenir des résonances aiguës avec des oscillations amorties diminue l'indépendance des radiocommunications faites par ce moyen, par rapport aux stations voisines. Pour nous faire une idée plus nette de cette influence de l'amortissement, supposons la station de réception correspondante munie du dispositif le plus simple (fig. 94). Le circuit d'antenne, comprenant des bobines de self et des condensateurs qui permettent de faire varier sa longueur d'onde, est relié par un radiotransformateur à un circuit contenant un détecteur, un téléphone et un galvanomètre à courant continu. Supposons que la station de transmission rayonne des ondes amorties de fréquence donnée $n$. Quand, au moyen de selfs et condensateurs d'accord, nous faisons varier la fréquence propre d'oscillations dans le circuit de l'antenne réceptrice, l'intensité mesurée par le galvanomètre varie, et, par suite de ce que nous venons d'appeler l'effet de résonance, passe par un maximum quand la fréquence propre du circuit d'antenne est égale à celle des ondes reçues.

Digitized by Google

La courbe *a* est d'ailleurs d'autant plus aplatie que l'émission est plus amortie. Une émission avec ondes entretenues d'une seule fréquence *n* donnerait une courbe avec pointes très accentuées

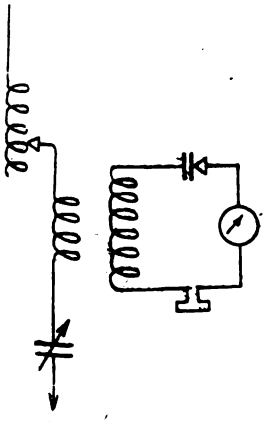


Fig. 94.

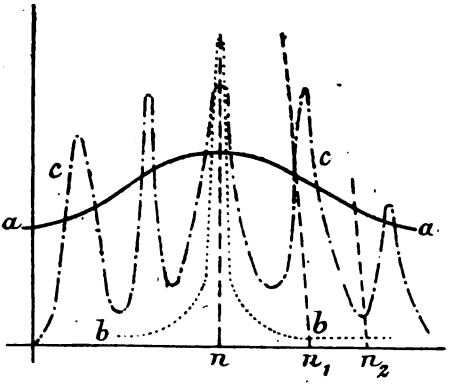



Fig. 95.

(courbe *b*) fig. 95. Une émission avec ondes entretenues mais impure, c'est-à-dire composée d'oscillations de plusieurs fréquences, donnerait une courbe telle que *c*, ayant autant de maxima qu'il y a d'ondes émises.

Supposons maintenant que le poste de réception veuille recevoir des ondes de fréquence $n_1$ par exemple, différente de *n*. L'intensité de l'émission entretenue et pure sera sensiblement égale à zéro ; cette onde est éliminée et ne gêne en rien la réception. Il n'en est pas de même pour l'émission amortie (courbe *a*). Son intensité ne sera réduite que dans des proportions relativement faibles et elle gênera considérablement la réception. Quant à l'onde impure, son effet perturbateur variera beaucoup suivant la fréquence et l'intensité des ondes superposées à l'oscillation fondamentale ; il sera très grand si l'émission à recevoir a la fréquence $n_1$, très petit si elle a la fréquence $n_2$.

3° Il est nécessaire d'ailleurs de remarquer ici que l'importance de l'effet des oscillations superposées à l'oscillation fondamentale, dans une onde impure, est notablement différente sui-

Digitized by Google

vant que l'on considère le cas de l'émission ou celui de la réception. Des harmoniques, de fréquences relativement grandes par rapport à celle de l'oscillation fondamentale peuvent, même si l'intensité des courants correspondants dans l'antenne de transmission est relativement très petite, agir fortement sur l'antenne de réception. Supposons par exemple que l'onde émise possède, en outre de sa composante fondamentale d'intensité $I_\varepsilon$ dans l'antenne d'émission et de longueur d'onde $\lambda$, une harmonique d'intensité $\frac{I_\varepsilon}{11}$ et de longueur d'onde $\frac{\lambda}{11}$. Nous avons vu que le courant dans l'antenne de réception, supposée accordée, est, à courte distance, pour la longueur d'onde $\lambda$ et l'intensité $I_\varepsilon$ du courant émise

$$I_r = 377 \frac{h_\varepsilon \, h_r}{\lambda \, d} I_r$$

Elle sera pour l'harmonique considérée

$$I'_r = 377 \frac{h_\varepsilon \, h_r}{\frac{\lambda}{11} \times d} \times \frac{I_\varepsilon}{11} = I_r$$

L'harmonique de longueur d'onde $\frac{\lambda}{11}$ et d'intensité $\frac{I_\varepsilon}{11}$ donne donc, dans une antenne de réception, un courant de même intensité que celui qui est produit par un courant de longueur d'onde fondamentale mais d'intensité onze fois plus grande, dans l'antenne de transmission. Cet effet sera plus réduit à grande distance, les ondes étant d'autant plus affaiblies que leur fréquence est plus grande ; mais il n'en reste pas moins vrai qu'à des distances relativement faibles, moins de 200 kilomètres par exemple, les harmoniques émises par une station d'émission troublent les stations de réception voisines beaucoup plus que ne le ferait supposer à première vue leur intensité relative dans l'antenne d'émission.

4° Enfin, les difficultés d'isolement, qui sont d'autant plus grandes que les voltages maxima qui se produisent dans les circuits sont eux-mêmes plus élevés, seront d'autant plus considérables que les ondes seront moins pures et plus amorties.

Digitized by Google

Considérons, par exemple, une antenne de grande station, de 0,05 microfarad de capacité, de 3 ohms de résistance totale, dissipant 500 kilowatts de puissance, et par conséquent parcourue par un courant égal à 400 ampères, travaillant sur la longueur d'onde de 15.000 mètres, soit 20.000 périodes par seconde. Nous supposerons d'ailleurs avoir affaire à une antenne en plan horizontal, la capacité du réseau des fils supérieurs étant très grande par rapport à celle de la montée.

Dans ces conditions, la différence de potentiel entre le sommet de l'antenne et la terre a pour valeur

$$V_{eff} = \frac{I}{C\,\omega}$$

$$C = 5 \times 10^{-8} \qquad \omega = 2\,\pi \times 20.000$$

$$V_{eff} = 70.000 \text{ volts environ}$$

$$V_{max} = 100.000 \text{ volts environ.}$$

la valeur 100.000 volts nécessaire rentre dans l'échelle des voltages admis dans la pratique industrielle.

Supposons maintenant avoir affaire à une émission par ondes amorties, avec 500 étincelles par seconde par exemple. La quantité d'énergie dissipée dans l'antenne à chaque étincelle sera

$$\frac{500.000}{500} = 1.000 \text{ watts}$$

Elle aura dû, à un moment donné, être emmagasinée dans l'antenne de capacité C = 0,05 microfarad qui sera alors chargée à un potentiel V donné par la formule

$$\frac{1}{2} C V^2 = W$$

où W représente l'énergie. Portons dans cette formule les valeurs de C et W

$$C = 5 \times 10^{-8} \qquad W = 10.00$$

d'où

$$V = \sqrt{\frac{2\,w}{C}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.000}{5 \times 10^{-8}}} = 200.000 \text{ volts}$$

Digitized by Google

Et l'on voit qu'en passant du cas des ondes entretenues à celui des ondes amorties, le potentiel maximum au sommet de l'antenne a doublé. L'isolement qu'il était possible d'assurer à 100.000 volts, même avec des oscillations de haute fréquence, est devenu impossible à maintenir à 200.000 volts.

Une difficulté du même ordre se présente dans le cas des ondes entretenues, mais impures. Reprenons, en effet, l'exemple précédent, en supposant qu'à l'oscillation fondamentale d'intensité 1 soit superposée une harmonique de fréquence 11 fois plus grande et d'intensité 11 fois plus petite. L'antenne étant accordée sur l'oscillation fondamentale, on a

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$$

et la force électromotrice de la source $E_{eff}$ a pour valeur

$$E_{eff} = R\, I_{eff} = 1.200 \text{ volts}$$

La différence de potentiel maxima entre le sommet de l'antenne et la terre, est, du reste, comme ci-dessus, 100.000 volts environ.

Superposons maintenant à l'oscillation fondamentale l'harmonique considérée, d'intensité $\frac{1}{11}$, de fréquence $N \times 11$, de pulsation $\omega \times 11$.

On aura, comme différence de potentiel due à cette harmonique, entre le sommet de l'antenne et la terre :

$$V_{eff}\, \frac{I}{11} \times \frac{1}{C\omega \times 11} = 600 \text{ volts environ}$$

et l'on voit que la présence d'harmonique n'augmentera pas sensiblement les difficultés d'isolement entre le sommet de l'antenne et la terre.

Mais la composante de la force électromotrice correspondant à l'harmonique aura pour valeur

$$E_{eff} = \frac{I}{11} \sqrt{R^2 + \left(L\omega \times 11 - \frac{1}{C\omega \times 11}\right)^2} = \frac{1}{11} \frac{11}{C\omega} = \frac{I}{C\omega}$$

$$E_{eff} = 70.000 \text{ volts environ}$$

$$E_{max} = 100.000 \text{ volts environ}$$

Digitized by Google

La force électromotrice maximum de la source sera donc 100.000 volts environ pour l'harmonique considérée, tandis qu'elle est 1.700 volts environ pour l'oscillation fondamentale. On voit dans quelle proportion les difficultés d'isolement seront augmentées.

De fortes raisons théoriques viennent donc motiver l'évolution qui se dessine en pratique vers l'emploi des ondes entretenues. Aussi, ayant à nous occuper maintenant d'examiner au point de vue de leurs perspectives d'avenir les divers système d'émission, retiendrons-nous cette dernière catégorie. Nous aurons à les considérer plus particulièrement aux trois points de vue les plus importants qui se sont présentés dans le cours de cette étude : rendement, puissance maxima qu'il est possible d'obtenir, pureté des ondes émises

## II. — Les diverses méthodes d'émission.

*L'arc à haute fréquence.* — Nous avons constaté, dans les pages qui précèdent, le très rapide développement de la méthode de l'arc à haute fréquence sous l'impulsion de la *Federal Telegraph Co* de San-Francisco. Cette Compagnie, après avoir établi, vers 1912, la première radiocommunication à grande distance de ce système, entre San-Francisco et Honolulu, a ensuite construit des types de plus en plus puissants; elle détient actuellement le record de la puissance de tous les systèmes avec des arcs de 350 kilowatts en fonctionnement continu, de 500 kilowatts en fonctionnement discontinu comme celui de la radiotélégraphie, et songe à aller plus loin encore en créant un type de 1.000 kilowatts. Il s'agit là, d'ailleurs, de la puissance fournie par la machine à courant continu qui alimente l'arc, et non pas de la puissance dans l'antenne. Celle-ci est environ la moitié de la première, le rendement étant environ 50 %. On a ainsi pour le type de 500 kilowatts, 250 kilowatts dans l'antenne, et pour le type prévu de 1.000 kilowatts, 500 kilowatts dans l'antenne. Il importe d'ailleurs de se rendre compte des difficultés que pré-



Digitized by Google

sente la construction d'arcs de cette dimension. La plus importante semble être l'obligation d'évacuer la grande quantité de chaleur que développe l'énergie dissipée dans l'arc, soit environ 250 kilowatts pour l'arc de 500 kilowatts, 500 kilowatts pour l'arc de 1.000 kilowatts. Cette énergie est tout entière transformée en chaleur dans un volume relativement très petit : dans les bobines du champ magnétique, et dans la chambre de combustion. Aussi ne peut-on compter sur le rayonnement pour dissiper la chaleur produite. On y arrive par des circulations d'eau autour de la chambre de combustion, laquelle est à double paroi, et dans l'électrode cuivre; par des circulations d'huile autour des enroulements qui produisent le champ magnétique. Il est ainsi possible d'évacuer les énormes quantités de chaleur dégagées et de construire des arcs de très grande puissance. Il faut ajouter en faveur de l'arc cet avantage qu'il est très simple de faire varier la longueur d'onde de l'émission en manœuvrant un commutateur qui change à la fois la longueur d'onde propre du circuit d'antenne et les constantes du champ magnétique. Dans les arcs puissants où le commutateur est de grande dimension, il est manœuvré à distance au moyen d'un moteur électrique.

Mais le rendement ne paraît jamais dépasser 60 %, dans les meilleures conditions de fonctionnement. De plus, quel que soit le mode de manipulation, par variation de longueur d'onde, par compensation ou par la méthode d'hystérésis, une quantité d'énergie toujours très grande, si même elle n'est pas égale à celle qui est dépensée utilement pendant les signes, est dissipée en pure perte pendant les intervalles, ce qui diminue le rendement global de l'installation.

Un autre inconvénient de l'arc est que les ondes émises ne sont pas absolument pures. Il y a toujours des harmoniques plus ou moins intenses et plus ou moins nombreuses superposées à l'oscillation fondamentale. Un radiotélégraphiste m'a dit avoir observé, au moyen d'un ondemètre, 17 harmoniques sur un arc de petite dimension. Ajoutons d'ailleurs que les harmoniques paraissent moins importantes et moins nombreuses à mesure que la puissance augmente.

Digitized by Google

*La méthode des étincelles commandées.* — La méthode d'émission d'ondes entretenues par étincelles commandées, laquelle en somme revient à exciter un même circuit d'antenne par plusieurs circuits à condensateur à étincelles amorties agissant successivement présente au point de vue de la possibilité de changer rapidement la longueur d'onde de l'émission, les mêmes avantages que la méthode à arc : il suffit de changer, au moyen d'un commutateur, la valeur des selfs ou des capacités des circuits d'excitation. L'inconvénient que l'onde n'est pas absolument pure peut se retrouver quoique sans doute moins accentuée que dans la méthode à arc.

Un autre ennui est que le moment d'éclatement de l'étincelle est déterminé par le passage des pointes mobiles de l'éclateur de commande devant ses pôles fixes et que, par conséquent la période des oscillations dans l'antenne, qui est fixée invariablement par les valeurs constantes du circuit d'antenne, devant être égale à l'intensité de temps qui sépare les éclatements de deux étincelles successives (ou un sous-multiple de cet intervalle), doit, par là même être égale à un intervalle de temps déterminé par la vitesse de l'éclateur, et les changements accidentels de vitesse de cet organe ont pour conséquence des déréglages de l'installation; il y a donc lieu de maintenir la vitesse absolument constante. C'est un inconvénient que nous retrouverons d'ailleurs dans tous les alternateurs à haute fréquence.

Mais la méthode à étincelles commandées présente des avantages précieux. Le rendement des machines à courant continu haute tension est, pour les grandes puissances, aussi bon que celui des dynamos ordinaires. Le rendement de la charge et de l'excitation

$$\frac{\text{Énergie fournie à l'antenne}}{\text{Énergie fournie aux bornes du condensateur}}$$

semble pouvoir atteindre sans difficulté 70 °/₀ et comme la manipulation peut se faire sans compensation, aucune énergie n'est perdue pendant les intervalles des signes.

De plus, la puissance est illimitée. Chacun des circuits élé-

Digitized by Google

mentaires peut, comme le circuit d'une installation normale Marconi à grande puissance, donner aux bornes du circuit à condensateur, une puissance de 300 kilowatts, soit avec le rendement de 70 °/₀, 210 kilowatts dans l'antenne. Avec quatre circuits on a ainsi 1.200 kilowatts aux bornes des condensateurs et 840 kilowatts dans l'antenne. Et, si la puissance qu'il est possible d'absorber dans un circuit à étincelle contenant un éclateur semble pouvoir difficilement, dans les conditions actuelles, dépasser 300 kilowatts, il n'y a par contre aucune difficulté à accroître la puissance en augmentant le nombre des circuits.

Enfin, dans la méthode des oscillations commandées, modifiée par l'installation d'une source de force électromotrice de charge distincte pour chacun des circuits élémentaires, une panne survenant soit dans une machine, soit dans l'un quelconque des circuits n'a qu'une importance restreinte, et, n'empêchant pas le fonctionnement des autres circuits, ne cause qu'une diminution de puissance relativement faible; de plus, les rechanges sont moins onéreuses, pouvant consister simplement dans l'ensemble des organes d'un circuit élémentaire, tandis que dans la méthode à arc l'installation comportant une seule source d'alimentation, et un seul arc, toute panne de l'un quelconque des organes de l'installation cause un arrêt complet de l'ensemble et la sécurité de l'exploitation ne peut être assurée qu'en prévoyant comme rechange une installation complète de même puissance et de même importance que l'installation principale.

*Alternateurs à haute fréquence.* — Le grand avantage des méthodes où les oscillations de haute fréquence sont produites par des alternateurs, soit directement, soit après multiplication de la fréquence à l'intérieur même de la machine ou dans des transformateurs statiques spéciaux, est que l'onde émise est sensiblement pure, plus pure certainement que dans la méthode à arc.

Mais si l'on veut pouvoir utiliser avec leur pleine efficacité les phénomènes de résonance, ce qui est, comme nous l'avons vu plus haut, le meilleur argument en faveur des ondes entretenues, il est nécessaire que la longueur d'onde reste absolument fixe;

Digitized by Google

mais celle-ci dépend de la vitesse de l'alternateur. La vitesse de l'alternateur doit donc être maintenue absolument constante ; et c'est là une des principales difficultés de l'emploi des alternateurs à haute fréquence. Le moyen le plus simple pour y arriver consiste à manipuler avec compensation. L'alternateur travaille à charge constante ; mais la puissance fournie est envoyée pendant les signes, dans l'antenne, où elle se dissipe en partie utilement sous forme de rayonnement électromagnétique ; tandis que pendant les intervalles, elle est dirigée sur un circuit de compensation. Nous avons déjà dit plus haut qu'une telle solution a pour inconvénient d'augmenter dans une large mesure la quantité d'énergie débitée en pure perte et, par conséquent, de diminuer le rendement. Dans les alternateurs qui tournent à très grande vitesse on peut, dans une certaine mesure, compter sur l'inertie de la pièce tournante pour maintenir constante la vitesse pendant la manipulation. Enfin nous avons vu que, dans l'alternateur Goldschmidt, la manipulation se fait par tout ou rien, l'alternateur travaillant à pleine charge pendant les signes, ne débitant rien du tout pendant les intervalles, et que la vitesse est maintenue constante par un système de compensation automatique de ses variations.

Une autre question qui se pose dans les alternateurs et transformateurs à haute fréquence est celle des tôles de fer ou d'acier qui constituent les noyaux des enroulements à haute fréquence. Les pertes dans ces noyaux augmentent, en effet, très rapidement avec l'épaisseur des tôles et l'induction magnétique. Elles diminuent quand la résistance de la tôle augmente. On fabrique actuellement de très bonnes tôles au silicium (teneur 4 °/₀ environ) qui, pour les fréquences industrielles, causent des pertes acceptables sous des épaisseurs d'environ 0,5 millimètre ; et les travaux récents d'un éminent savant américain M. T.-D. Yensen, permettent d'espérer qu'on pourra sous peu produire industriellement des tôles ayant une hystérésis cinq fois moindre. Mais l'inconvénient est que les tôles très résistantes sont en même temps très difficiles à laminer ; de sorte qu'on est amené, en pratique, au dilemme suivant : ou bien employer

Digitized by Google

des tôles au silicium, de résistance spécifique 50 microhms centimètres environ, mais relativement épaisses : on n'est jamais arrivé, en Amérique, à moins de 7 centièmes de millimètres d'épaisseur, ou bien employer des tôles d'acier doux, beaucoup moins résistantes, mais qu'on pourra laminer en lames plus minces, jusqu'à 4 centièmes de millimètres d'épaisseur par exemple. Dans tous les cas, les pertes par courants de Foucault seront, dans ces tôles, beaucoup trop grandes pour qu'on puisse les employer dans les mêmes conditions qu'on emploie en basse fréquence les tôles au silicium de 0,5 millimètres d'épaisseur. Il faudra recourir à des artifices; on sera forcé de travailler à des inductions relativement basses, et par conséquent, pour une même puissance, d'augmenter le volume de la machine; il faudra, dans le cas des grandes puissances, refroidir les induits des machines par des circulations d'eau, et les enroulements des transformateurs par des circulations d'huile; ce qui introduit une complication notable.

*Alternateur Alexanderson*. — Si l'alternateur produit directement la fréquence d'utilisation, le rendement pourra être très élevé, si l'on s'arrange de façon que les conditions de fonctionnement (longueur des pôles relativement à l'épaisseur de l'entrefer, pertes par ventilation, etc.) soient du même ordre de grandeur que dans les alternateurs ordinaires. Un rendement de 80 % semble pouvoir être obtenu dans les grandes machines de ce genre. Dans tous les cas on sera forcé de tourner à de très grandes vitesses et nous avons vu à propos de l'alternateur Alexanderson quelles précautions on peut être amené à prendre dans ce but. On pourra songer également à tourner dans le vide pour diminuer les pertes causées par le frottement du disque dans l'air ambiant, tout en employant des vitesses extrêmement élevées, comparables à celles de certaines turbines à vapeur (jusqu'à 420 mètres par seconde).

Le rotor, de grand diamètre et tournant à grande vitesse, possédera une inertie considérable et les changements de longueur d'onde qui ne peuvent être obtenus que par des variations de vitesse, puisque la fréquence utilisée est fournie directement, ne

Digitized by Google

pourraient se faire instantanément. Ils ne se feront pas non plus à puissance constante, puisque la force électromotrice de la machine est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la vitesse.

Enfin, à diamètre égal, et toutes choses égales d'ailleurs, la puissance de la machine sera d'autant plus petite que la fréquence demandée est plus grande, de sorte qu'on ne pourra obtenir de grandes puissances qu'avec des diamètres d'autant plus grands que la fréquence sera plus considérable. Il y a là une limitation de la puissance qu'il est possible d'obtenir ainsi directement en haute fréquence. L'alternateur le plus puissant actuellement construit donne 60 kilowatts à 50.000 périodes. Un autre, en construction, est établi pour donner 200 kilowatts à 30.000 périodes. Il reste à voir dans quelle mesure il sera possible d'aller plus loin. Il est toutefois intéressant d'ajouter que la fréquence demandée diminuant en même temps qu'augmentent les dimensions des antennes et la portée demandée aux stations, les considérations qui précèdent perdent un peu de leur importance.

*Multiplicateurs statiques de fréquence.* — Les alternateurs de fréquence relativement basse avec multiplicateurs statiques de fréquence donnent une solution plus souple.

D'une part, la fréquence de l'alternateur étant plus faible, par exemple quatre fois plus faible, que dans le cas précédent, la machine peut, sans être plus encombrante, ni fatiguer les matériaux au même degré, débiter des puissances notablement plus grandes, aussi grandes qu'on le voudra, puisqu'on est toujours libre d'abaisser la fréquence fournie par l'alternateur, à condition d'augmenter la multiplication. Cette méthode donne donc sûrement une solution du problème de la grande puissance.

Elle permet aussi, en combinant des multiplications de valeurs différentes, par exemple par 4, 6, 8, ainsi que nous l'avons vu à la station de Sayville, avec des variations de vitesse, par exemple en établissant les dispositifs pour deux vitesses, d'obtenir des longueurs d'ondes variant, sur une large échelle, par bonds successifs, et par conséquent donne la solution du problème de la variation instantanée de la longueur d'onde.

Digitized by Google

Enfin l'alternateur étant de fréquence plus basse, est plus facile à construire, notamment au point de vue des tôles d'induit, que dans le cas précédent. Par contre, les multiplicateurs qui sont, eux, parcourus par des courants de haute fréquence, doivent être construits avec tôles extrêmement minces, plongés dans des cuves pleines d'huile qu'il faudra refroidir, soit en la faisant circuler, soit par un autre moyen, par exemple par un serpentin parcouru par un courant d'eau, mais ces appareils sont statiques; et il est beaucoup plus facile d'assurer leur refroidissement que celui de machines comportant des pièces en mouvement.

Le rendement de l'installation

$$n = \frac{\text{Puissance fournie à l'antenne}}{\text{Puissance empruntée au réseau}}$$

paraît être de l'ordre de 25 %, pour la multiplication par 4, réparti de la façon suivante :

| | Les diverses pertes d'énergie se répartissent de la façon suivante : |
|---|---|
| Énergie dépensée : | 200 kilowatts |
| Énergie dépensée dans moteur | 30 kw |
| — dans excitation alternateur et doubleur | 15 kw |
| — dans alternateur | 50 kw |
| — dans 1er doubleur (rendt 80 %) | 22 kw |
| — dans 2e doubleur (rendt 80 %) | 22 kw |
| Reste environ dans l'antenne | 60 kw |

Le rendement dans l'alternateur et les doubleurs de Sayville est donc assez faible ; mais il paraît pouvoir être accru dans d'assez grandes proportions dans des installations mieux établies. Alexanderson a, par exemple, émis l'avis que les rendements des transformateurs à fer à haute fréquence devraient être plutôt supérieurs à ceux des transformateurs de fréquences industrielles. Quant à l'alternateur, il pourrait certainement être con-

Digitized by Google

struit de façon à avoir un rendement de l'ordre de 80 °/₀ au moins.

De sorte qu'en somme le système à alternateurs et transformateurs de fréquence paraît actuellement très intéressant.

*Alternateur Goldschmidt.* — Il resterait à parler de l'alternateur Goldschmidt. Cette admirable machine qui a fonctionné dans de très bonnes conditions à Eilvese et Sayville a donné 160 kilowatts à la fréquence 40.000, et il semble que la puissance pourrait être encore augmentée sans grande difficulté. Il est à remarquer que dans la machine Goldschmidt le refroidissement est assuré, comme dans les machines ordinaires, par la seule ventilation. Il n'est prévu aucune circulation d'eau ou d'huile dans les tôles. Le problème de la production de haute fréquence y est donc résolu d'une façon extrêmement élégante.

Quant au rendement

$$n = \frac{\text{Puissance fournie à l'antenne}}{\text{Puissance fournie à l'alternateur}}$$

il paraît être d'environ 80 °/₀ pour chaque transformation de fréquence, soit, pour une multiplication par 4.

$$n = \overline{0,80}^{4} = 0,41$$

Il est donc à peu près égal à celui de l'installation Telefunken de Sayville.

## 2° QUELQUES PROGRÈS QUI S'ANNONCENT

L'étude détaillée que nous venons de faire des conditions actuelles de la télégraphie sans fil à grande distance et des obligations qui en résultent dans les prévisions à établir pour la construction des grandes stations ne serait pas complète si nous l'arrêtions ici, sans dire un mot des progrès qui s'annoncent et qui, dans l'avenir, un avenir prochain peut-être, changeront complètement l'aspect du problème. J'étudierai successivement la téléphonie sans fil, la direction des ondes, l'élimination des parasites.

Digitized by Google

## I. — La téléphonie sans fil.

*Les conditions de la téléphonie sans fil.* — La téléphonie sans fil pose les problèmes suivants :

1° Produire dans l'antenne d'émission des oscillations de haute fréquence, dont l'amplitude est constante, ou du moins n'éprouve que des variations de fréquence plus grandes que celles qui impressionnent l'oreille. Ce problème est résolu maintenant principalement par les procédés suivants qui per-

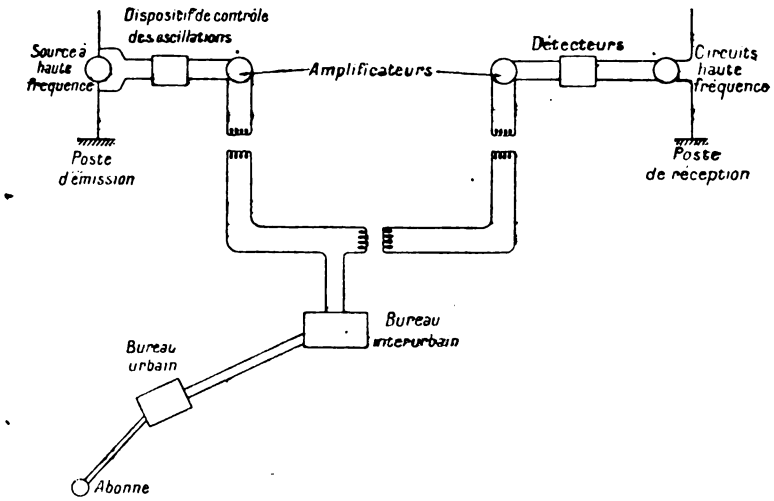



Fig. 96.

mettent d'engendrer des oscillations entretenues : lampes à trois électrodes pour les petites puissances ; arcs, alternateurs, multiplicateurs de fréquence pour les puissances plus grandes.

2° Faire varier l'amplitude de l'oscillation de haute fréquence ainsi engendrée, suivant les modulations de l'intensité du courant produites par l'émission de la voix devant le microphone. Dans le cas de petits postes, le microphone est placé dans l'un des circuits, par exemple le circuit grille, des lampes génératrices, qui sont ordinairement employées par groupes, dont les éléments sont mis en parallèle. Pour les postes plus puissants

Digitized by Google

on emploie des lampes de grandes dimensions : le courant microphonique avant d'agir sur les circuits de haute fréquence est l'objet d'une amplification à basse fréquence. Le courant de haute fréquence dont l'amplitude subit des variations correspondantes à celles du courant microphonique, est lui aussi l'objet d'une amplification. Pour les puissances plus grandes encore, l'amplificateur magnétique d'Alexanderson et les dispositifs similaires donnent la solution du problème du contrôle microphonique des oscillations.

3° Il faut enfin que, comme dans la conversation et dans la

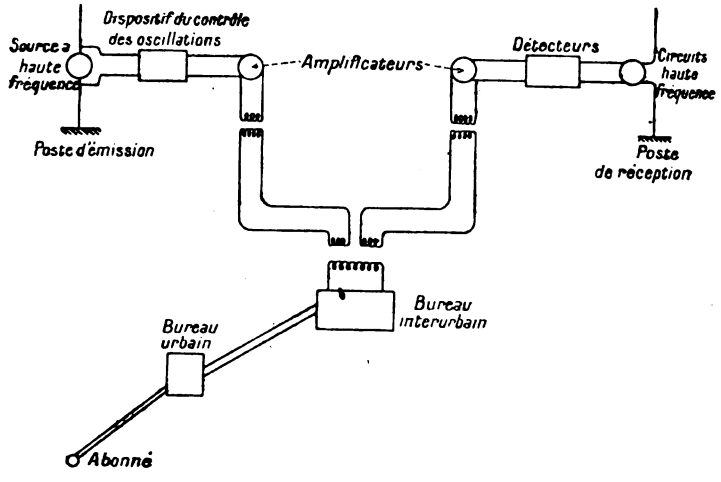



Fig. 97.

téléphonie avec fil, il n'y ait aucune manœuvre à faire pour passer de la position de transmission à celle de réception. Ce problème résolu, la station radiotéléphonique pourra être traitée comme un relais téléphonique ordinaire ; mais ce relais sera quelquefois une usine gigantesque qui transformera l'émission téléphonique transmise par fil en émission radiotéléphonique ; elle sera rattachée comme un relais téléphonique au bureau interurbain, et pourra être utilisée par un abonné quelconque. La suppression de toute manœuvre pour passer de la position de transmission à la position de réception peut être réalisée

Digitized by Google

par divers procédés. Elle est évidemment possible si l'on suppose comme dans la télégraphie sans fil duplex, le poste d'émission et le poste de réception d'une même station radiotéléphonique séparés par une distance suffisante pour que la syntonie, et au besoin les propriétés directives des antennes aidant, les signaux du poste d'émission ne soient pas entendus par le poste de réception. Le schéma général pourra être l'un des deux suivants, selon que les deux postes d'émission et de réception seront en série ou en parallèle sur les fils qui partent du bureau interurbain (fig. 96 et 97).

*Téléphonie sans fil et signaux parasites.* — Ces trois problèmes essentiels, dont la solution préalable était une condition *sine qua non* de la réalisation de la radiotéléphonie, n'existent donc plus maintenant. Et l'on pourrait s'étonner à bon droit que la radiotéléphonie ne soit pas encore entrée dans la pratique si le même obstacle que nous avons rencontré dans le cas de la radiotélégraphie ne se dressait pas plus important encore dans celui de la téléphonie. Je veux parler des parasites, qui, seuls, obligent à employer, pour les radiocommunications à grandes distances, les énormes puissances que nous avons vues.

Comparons en effet la transmission d'un signal radiotélégraphique à celle d'une lettre en radiotéléphonie. Un signal est une suite d'oscillations d'amplitude constante, qui sera lisible à travers les parasites dès que l'amplitude atteindra la valeur A pour laquelle le voltage à la transmission est V et la puissance P. Une lettre, au contraire, sera une suite d'oscillations d'amplitude extrêmement variable, suivant la forme du courant microphonique produit par l'émission de la voix (fig. 98). Il faudra, pour qu'elle ne soit pas déformée, que la plupart des modulations, même d'amplitude assez petite, par exemple égales au tiers de l'amplitude maxima, arrivent avec l'intensité A nécessaire pour percer les parasites. Mais alors, les amplitudes devront atteindre à la réception à certains moments les valeurs 3 A, la puissance nécessaire à la transmission étant 9 P et le voltage 3 V. Ces effets sont notablement atténués par le fait que, au contraire

Digitized by Google

des courants téléphoniques sur les fils, les ondes radiotéléphoniques ne se déforment pas pendant leur propagation, et parce que la voix se suivra mieux à travers les parasites qu'une suite de

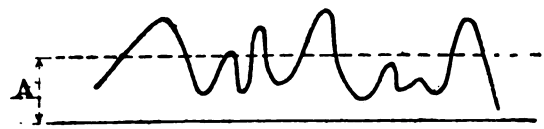


Fig. 98.

signaux radiotélégraphiques. Néanmoins, la puissance nécessaire pour atteindre un point donné sera beaucoup plus grande encore en radiotéléphonie qu'en radiotélégraphie. S'il faut 500 kilowatts dans l'antenne dans le deuxième cas, ce qu'il est possible d'obtenir avec les moyens actuels, il en faudra peut-être 2000 dans le premier cas, et les plus grandes installations radiotélégraphiques non pas même installées mais même prévues à l'heure actuelle, sont loin d'atteindre cette énorme puissance.

## II. — La direction des ondes.

Nous retrouvons donc, en terminant notre étude de la question de la téléphonie sans fil, la même conclusion, plus nette encore, que dans le cas de la radiotélégraphie : ce n'est qu'avec des stations de puissance considérable qu'on peut espérer actuellement assurer des services à grande distance.

En sera-t-il toujours ainsi ? Ne peut-on espérer pouvoir réduire l'intensité relative des parasites par rapport à celles des signaux ? La solution de ce problème peut être recherchée dans deux directions.

D'une part, en effet, l'énergie émise par les antennes se dissémine dans l'espace, tout autour de la station d'émission. La plus grande partie va se perdre à l'infini, tandis qu'une portion extrêmement petite est captée par l'antenne de réception. Si, au lieu d'être ainsi répartie dans toutes les directions, l'énergie était concentrée dans un angle de 10° par exemple, cinq de

Digitized by Google

chaque côté de la direction du correspondant, l'énergie par unité de surface, à une distance donnée, serait 36 fois plus grande sans que l'intensité des parasites soit changée, et la situation serait considérablement améliorée. L'installation inverse, à la réception d'une antenne fortement dirigée diminuerait de son côté l'intensité des parasites par rapport aux signaux reçus, en éliminant tous les parasites venant des directions autres que celles qui sont favorisées. De telle sorte que les deux effets de direction, à l'émission et à la réception, concourent finalement au même résultat, qui est le renforcement des signaux utiles par rapport aux parasites.

Plusieurs auteurs, en particulier S. G. Brown, F. Braum, A. Blondel, G. Marconi, ont donné des solutions approchées du problème de la direction des ondes. En ce qui concerne la possibilité d'obtenir des effets accentués, j'ai montré, il y a quelques années, qu'il suffisait d'employer un rideau d'antennes composé de fils verticaux identiques, placés dans le même plan, d'une largeur totale de deux longueurs d'onde pour obtenir une direction nettement favorisée, l'intensité baissant de plus de moitié dès qu'on s'en écarte de plus de 18 degrés. E. Bellini a fait voir qu'avec un dispositif comprenant 50 couples d'antennes éloignées d'une demi longueur d'onde, on aurait des effets beaucoup plus nets encore. Une émission unilatérale pourrait être obtenue, l'intensité émise dans une direction qui diffère de 10° seulement de la plus favorisée étant le sixième seulement de l'intensité maxima. Il est probable, d'ailleurs, que beaucoup d'autres solutions intéressantes pourraient être trouvées. L'application de dispositifs de ce genre dépend uniquement de la possibilité d'exciter plusieurs antennes avec la même source de haute fréquence : c'est un problème qui paraît maintenant résolu.

### III. — L'élimination des parasites.

Une deuxième méthode pour chercher à diminuer la quantité d'énergie nécessaire pour transmettre à une distance donnée est de s'attaquer aux signaux parasites.

Digitized by Google

On peut,

1° Soit chercher à diminuer leur intensité relative dans les circuits de réception par rapport à celles des signaux utiles, en employant des dispositifs réduisant d'autant plus l'intensité des courants qu'ils sont plus intenses. De sorte qu'un parasite beaucoup plus fort qu'un signal sera diminué dans une beaucoup plus grande proportion. Cette solution, qui permet d'améliorer dans certains cas la situation, est toutefois un palliatif insuffisant ; elle échoue pour tous les parasites qui ne sont pas beaucoup plus intenses que les signaux utiles.

2° Soit disposer, à côté de l'antenne normale, une antenne

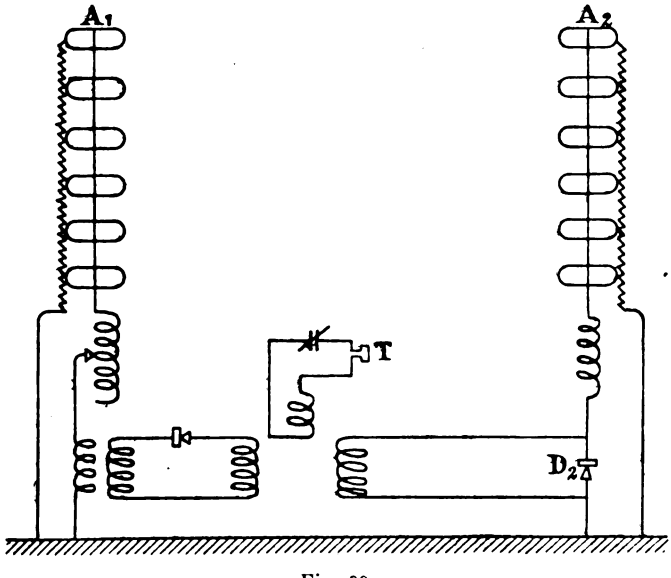



Fig. 99.
(Extrait des *Proceedings of the Institute of Radioengineers*).

auxiliaire dont l'effet, agissant en différentiel sur celui de l'antenne normale, compense les parasites.

3° Soit enfin empêcher les parasites d'arriver à l'antenne de réception.

Le schéma suivant indique une méthode due à un éminent savant hollandais, Cornelis J. de Groot, et qui combine les deux derniers procédés, en appliquant le deuxième aux parasites oscillants, le troisième aux parasites apériodiques (fig. 99).

Digitized by Google

Deux antennes $A_1$, $A_2$, identiques, sont disposées assez près l'une de l'autre pour qu'elles soient affectées de la même manière par les parasites, et suffisamment loin pour que les courants produits par l'antenne $A_2$, qui est rendue apériodique par l'introduction du détecteur $D_2$, n'influe pas sur l'antenne $A_1$.

L'antenne $A_1$ est accordée sur l'onde incidente et couplée à la façon ordinaire sur le circuit à détecteur $D_1$, qui rectifie les signaux et les parasites et les transmet ensuite au téléphone T. L'antenne $A_2$ est accordée sur la même longueur d'onde ou sur une longueur d'onde un peu plus grande que l'antenne $A_1$, ce qui la rend moins sensible aux signaux et plus sensible aux parasites. Cette antenne étant d'ailleurs apériodique, il est impossible d'entendre sur elle les signaux faibles. Mais les signaux forts émis sur des longueurs d'onde différentes et les parasites produisent un courant du même ordre de grandeur que dans l'antenne $A_1$, et compensent, dans le téléphone T, les signaux correspondants venant de $A_1$. On s'arrangera, en réglant le couplage du transformateur, pour que la compensation soit parfaite.

Quant aux parasites apériodiques, ils sont arrêtés, avant leur arrivée aux antennes, par des dispositifs montés autour d'elles et appelés cages de Dieckmann. Un certain nombre de cadres en fil conducteur sont disposés perpendiculairement aux antennes, tout le long de celles-ci et réunis entre eux et à la terre par un fil conducteur de grande résistance. Ces cages agissent comme des cages de Faraday et par conséquent sont des écrans parfaits pour des charges constantes ou variant lentement (parasites apériodiques), tandis qu'elles n'arrêtent pas les signaux hertziens, composés d'ondes électromagnétiques dont le champ électrique est perpendiculaire aux spires des cadres.

Digitized by Google

## 3° ESQUISSE DU RÉSEAU TRANSOCÉANIQUE FRANÇAIS

### I. — Organisation d'ensemble du réseau.

Nous avons vu ci-dessus que le réseau transocéanique français, qui a pour rôle d'assurer l'indépendance de la France au point de vue de ses relations télégraphiques avec l'étranger, en permettant d'atteindre n'importe quel pays du monde à partir d'une station établie en territoire français et d'établir des communications entre la France et les différentes parties de son empire colonial, devra consister en un ensemble de stations de 7.000 kilomètres de portée environ, doublées par d'autres, moins importantes, de 3 à 4.000 kilomètres de portée.

La base de tout le système serait constituée par une ligne continue de radiocommunications, formée d'une série de postes de 7.000 kilomètres de portée environ, établis tous en territoires français, et enserrant toute la terre. Cette ligne suivie en allant de l'Est à l'Ouest, passerait par : Tahiti, Nouvelle-Calédonie, Indochine, Djibouti, Paris ; puis se bifurquerait en deux branches aboutissant au Sénégal et à la Martinique.

Les diverses stations de cette ligne principale pourraient atteindre :

D'une part, des correspondants établis aux Indes françaises, Madagascar, l'Afrique Équatoriale française, le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, et assurer ainsi les communications des différents points de l'empire colonial français entre eux et avec la métropole ;

D'autre part, les États-Unis (côtes de l'Océan Atlantique et de l'Océan Pacifique), le Japon, la Chine, l'Australie, l'Amérique centrale, le Brésil, la République Argentine, et assurer ainsi les communications de la France avec l'étranger.

Le centre de radiocommunications françaises pourrait être constitué par une station quadruple, comprenant quatre postes : trois à grande puissance affectés :



Digitized by Google

Le premier aux relations avec les États-Unis ;

Le deuxième aux lignes de la Martinique et du Brésil ;

Le troisième aux lignes de l'Afrique occidentale et de Djibouti ; et un poste à puissance restreinte affecté aux lignes de l'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, Maroc).

Les stations de l'Afrique Occidentale française, de Djibouti et d'Indochine devraient être prévues doubles, comprenant chacune deux postes, l'un de grande puissance pour le trafic à grande distance, l'autre de puissance réduite pour le trafic plus rapproché.

De sorte qu'en résumé, le réseau serait constitué par l'ensemble de stations suivantes :

| | Nombre. | Emplacement. |
|---|---|---|
| STATION QUADRUPLE. | | |
| (3 postes de grande puissance). (1 poste de moyenne puissance). | 1 | France. |
| STATIONS DOUBLES. | | |
| (1 poste de grande puissance). (1 poste de moyenne puissance . | 3 | Afrique occidentale. Djibouti. Indochine. |
| STATIONS SIMPLES (de grande puissance). | 3 | Martinique. Nouvelle-Calédonie. Tahiti. |
| STATIONS SIMPLES (de moyenne puissance). | 9 | Maroc. Algérie. Tunisie. Congo. Madagascar. Indes françaises. |

Digitized by Google

## II. — Conditions techniques a remplir.

Chaque station devra remplir les conditions suivantes :

1° Rayonner une quantité d'énergie suffisante pour pouvoir réaliser, de jour et de nuit, dans toutes les circonstances, la portée pour laquelle elle est établie.

2° Posséder des rechanges assez largement prévues pour permettre un service absolument continu.

3° Assurer l'exploitation en duplex et à grande vitesse.

1° *Mesures à prendre pour assurer les radiocommunications en toutes circonstances.* — L'énergie rayonnée par les postes d'émission doit être suffisante pour permettre un service continu de jour et de nuit.

J'ai dit dans la première partie qu'aucune des stations actuellement en service n'est assez puissante pour réaliser cette condition à la distance de 7.000 kilomètres ; mais que l'emploi de moyens techniques suffisants, moyens existants d'ailleurs à l'heure actuelle, donnera très probablement la solution du problème.

J'estime que, pour réaliser la portée de 7.000 kilomètres dans de bonnes conditions, il y a lieu de prendre les mesures suivantes :

1° Au point de vue antenne, accroître autant que possible le rendement :

Soit en augmentant la hauteur des antennes jusqu'aux limites qu'il est actuellement possible d'atteindre, et qui pourraient être cinq à six cents mètres ;

Soit en faisant des antennes de hauteur modérée, mais de très grande étendue, de telle sorte qu'on puisse diminuer la résistance de la prise de terre par des dispositifs appropriés.

Il est d'ailleurs probable que la première solution, réalisée sous la forme d'une antenne supportée par un pylône central unique de grande hauteur, donnera, à résultat égal, la solution la plus économique.

2° La puissance fournie à l'antenne ne sera pas inférieure à

Digitized by Google

500 kilowatts. Cela signifie que, si l'on admet pour le rendement d'ensemble, ou rapport de l'énergie fournie à l'antenne à l'énergie empruntée au réseau de distribution ou à l'usine génératrice, une valeur égale à 33 %, ce qui paraît être l'ordre de grandeur obtenue en moyenne dans les installations existantes, que la puissance totale absorbée sera de l'ordre de 1.500 kilowatts.

Pour les stations de 4.000 kilomètres de portée, le problème sera plus facile à résoudre, en prenant modèle sur des radiocommunications actuellement en service.

3° De grandes antennes permettant de rayonner de grandes quantités d'énergie avec un bon rendement sur de grandes longueurs d'ondes, il y aura lieu, pour faciliter la production de grandes puissances et la propagation, de prévoir des longueurs d'ondes notablement plus grandes que celles qui sont couramment employées aujourd'hui. On sera conduit probablement à adopter 15 à 25.000 mètres.

4° Toutes ces stations devront être équipées de façon à pouvoir travailler à puissance réduite, la puissance totale installée ne devant être utilisée que quand des difficultés de propagation le rendent nécessaire.

5° Les emplacements des postes d'émission devront réaliser l'ensemble des conditions suivantes :

1° Permettre l'établissement d'une bonne prise de terre;

2° Être autant que possible à proximité d'un important réseau de distribution électrique, ce qui permettrait d'éviter les frais de construction d'une usine génératrice;

3° Correspondre aux plus courtes distances possibles par rapport aux stations correspondantes.

Le choix des emplacements des postes de réception et de manipulation devra également être le résultat d'une étude approfondie. La principale condition à réaliser sera que les parasites soient réduits au minimum. Par exemple, dans le cas des stations françaises, les régions du Nord seront à ce point de vue beaucoup plus avantageuses que les rivages de la Méditerranée. Il y aura d'ailleurs intérêt à rapprocher autant que possible les postes de

Digitized by Google

réception du siège du Gouvernement ou de la ville principale.

2° *Mesures à prendre pour permettre l'exploitation en duplex.* — L'obligation de prévoir un service duplex entraînera celle de séparer, dans chaque station, les postes de transmission d'une part, de réception et de manipulation d'autre part, en les éloignant suffisamment pour que la syntonie et au besoin les propriétés des antennes dirigées permettent de faire en sorte que le poste de réception n'entende pas les signaux du poste d'émission voisin.

### III. — Organisation des stations.

Il s'agit, en fait, de prévoir l'organisation générale des stations, simples ou multiples, de façon à pouvoir leur faire rendre le maximum d'efficacité.

Celle-ci peut être conçue de plusieurs façons. Pour discuter les mérites et les inconvénients de chacune des solutions, nous raisonnerons sur l'exemple le plus complexe et le plus intéressant : celui du système français. Nous avons vu plus haut qu'il y a lieu de le constituer de quatre stations simples.

Trois stations simples de très grande puissance destinées respectivement au trafic avec :

Les États-Unis ; La Martinique et le Brésil ; le Sénégal et Djibouti.

Une station simple de grande puissance destinée à communiquer avec l'Afrique du Nord.

En ce qui concerne les postes de transmission, les emplacements suivants paraissent réaliser les conditions que nous avons indiquées.

Région de la Basse-Loire, pour les communications avec les États-Unis ;

Région de Bordeaux, pour les communications avec la Martinique et le Brésil ;

Région de Nîmes pour les communications avec le Sénégal et Djibouti ;

Région d'Arles pour la ligne de l'Afrique du Nord.

Digitized by Google

Au point de vue des postes de réception et de manipulation, deux solutions peuvent être envisagées ;

Ou bien faire correspondre à chaque poste de transmission un poste de réception voisin ; constituer en somme quatre stations complètement indépendantes l'une de l'autre (fig. 100).

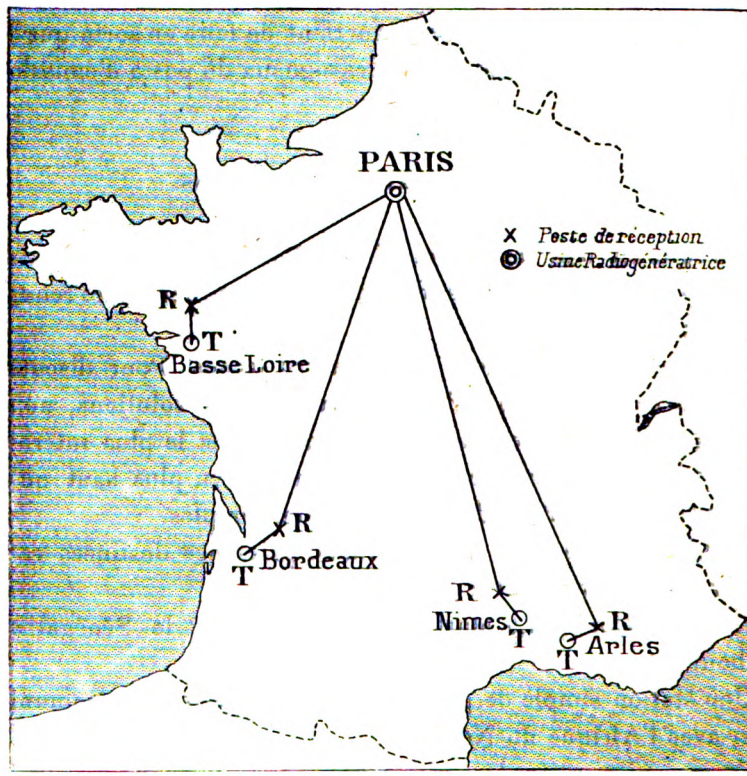



Fig. 100.

Ou bien rassembler tous les postes de réception et de manipulation dans un même local, sur un emplacement situé dans Paris ou à proximité de Paris ; constituer, en somme, un grand central radiotélégraphique parisien (fig. 101).

Dans les deux hypothèses, d'ailleurs, des fils spéciaux devront réunir les postes de transmission aux postes de réception et ceux-ci à Paris.

Digitized by Google

La première remarque à faire est que, dans le cas de la transmission, les parcours télégraphiques par fils sont exactement les mêmes dans les deux cas et que par suite les causes de dérangement du fait du mauvais fonctionnement des fils sont également les mêmes.

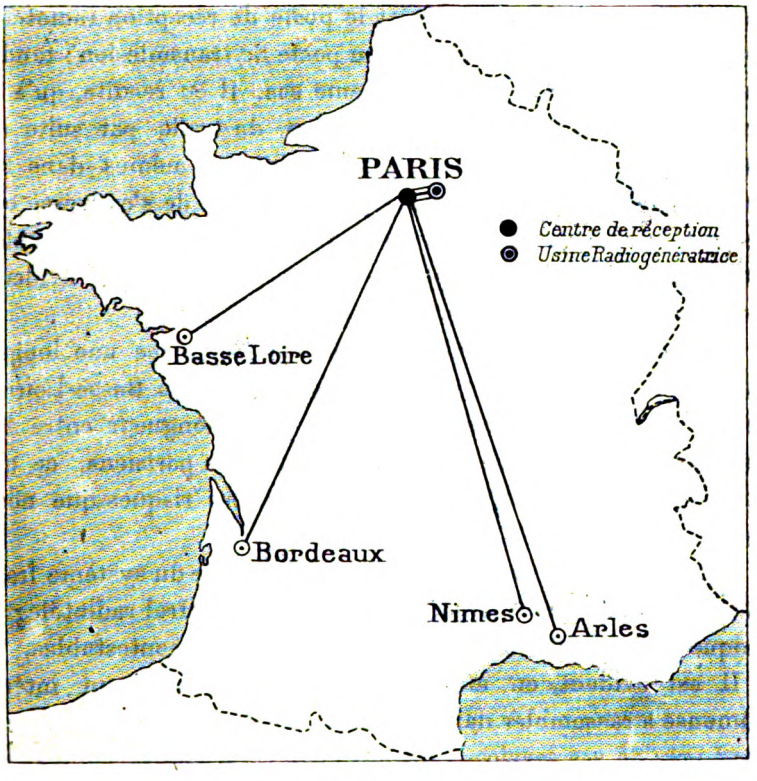



Fig. 101.

Dans le premier cas, en effet, un radiotélégramme partant de Paris, à destination de New-York, par exemple, serait d'abord transmis par fil du central télégraphique au poste de réception de la station radiotélégraphique de la Basse-Loire ; puis, de là, de nouveau par fil, au poste de transmission de cette même station, puis enfin, émis radiotélégraphiquement par l'usine radiogénératrice. Dans l'hypothèse d'un central radiotélégraphique

Digitized by Google

parisien, le même télégramme sera transmis par fil du central télégraphique au central radiotélégraphique, puis de là de nouveau par fil, à l'usine radiogénératrice de la Basse-Loire, puis enfin émis radiotélégraphiquement par cette station. Les parcours par fils sont équivalents dans les deux cas ; la seule différence est que, dans le premier cas, le trajet le plus long est entre le central télégraphique et le poste de réception radiotélégraphique et le plus court de là au poste de transmission ; tandis que c'est l'inverse dans le deuxième cas. Il en résulte, qu'à la transmission, les risques d'interruption du trafic par suite de dérangement des lignes sont exactement les mêmes dans les deux hypothèses. Il n'y a pas lieu, d'ailleurs, de s'exagérer ces risques, les fils spéciaux que nous avons envisagés étant doublés par ceux du réseau télégraphique général, qui peuvent évidemment leur prêter leur concours en cas de besoin.

A la réception, la deuxième hypothèse remplace une longue transmission par fil du poste de réception de la Basse-Loire à Paris, par une transmission par fil de petite longueur entre les centraux télégraphique et radiotélégraphique parisiens, ce qui diminue dans une proportion considérable les risques que nous venons d'envisager.

Et au point de vue de l'exploitation générale du système français et du réseau tout entier, l'hypothèse du central radiotélégraphique présente des avantages importants et incontestables.

Il est évident, en effet, que l'Administration a un intérêt immense à rassembler dans un même local sur un emplacement situé près de ses services centraux et près du Gouvernement les organes d'impulsion commandant l'important réseau prévu, qui, assurant les relations de la France avec le monde entier, aura, dans l'organisation mondiale de la puissance française, le rôle que joue le système nerveux dans le corps humain.

A un point de vue moins étendu, il est nécessaire, pour une bonne exploitation, que les diverses stations transocéaniques françaises, parties juxtaposées d'un même organisme, travaillent sous une même impulsion. C'est d'autant plus nécessaire pour une exploitation aussi délicate qu'une exploi-

Digitized by Google

tation radiotélégraphique. Il sera de la plus grande utilité suivant l'état des communications, les circonstances accidentelles qui changent les conditions de la propagation dans telle ou telle direction, suivant l'importance du trafic sur telle ou telle voie, de pouvoir changer les affectations des diverses usines radiogénératrices ; d'affecter, par exemple, deux stations de grande puissance aux relations avec les États-Unis ou la station de petite puissance à un trafic à grande distance, si les conditions atmosphériques sont momentanément très favorables ; ou inversement dans le cas contraire ; en résumé de faire correspondre exactement, à chaque instant, les conditions d'exploitation aux exigences du trafic et à l'état du réseau. Cet important résultat ne peut être obtenu que si l'ensemble des stations françaises est placé sous une impulsion unique, sous une direction qui soit à chaque moment renseignée sur les conditions d'exploitation dans chacune des stations correspondantes. Et elle ne peut l'être que si elle est en relation directe avec tous les correspondants. Cette condition ne peut être réalisée que dans l'hypothèse envisagée d'un central radiotélégraphique.

Il est possible, dans ce cas, que plusieurs réceptions puissent se faire à la fois sur la même antenne ; mais même en supposant une antenne séparée pour chacun des postes du central, on réalisera en personnel, en bâtiments, en matériel, en terrain toutes les économies qu'on obtient en groupant dans un même local les services d'une même exploitation au lieu de les disséminer à des centaines de kilomètres les uns des autres.

Mais l'économie la plus importante sera réalisée sur le matériel de secours à prévoir dans les usines radiogénératrices. Dans l'hypothèse de quatre stations séparées, chaque usine radiogénératrice supposée alimentée par un réseau de distribution, devra comporter une station génératrice d'électricité de secours. Dans l'hypothèse d'une seule station multiple, où les quatre usines radiogénératrices sont commandées d'un centre radiotélégraphique de réception commun, les différentes usines peuvent se servir mutuellement de secours en cas de besoin, chacune pouvant transmettre à la place de celle qui serait temporairement

Digitized by Google

arrêtée, de sorte qu'on pourra supprimer les quatre stations génératrices d'électricité qui devaient être prévues dans le premier cas et réaliser une économie de plusieurs millions.

Pour toutes ces raisons : commodité d'exploitation ; exploitation plus intensive du réseau, économies importantes que cette solution permettra de réaliser, j'estime que la station quadruple française, centre de tout le réseau transocéanique, doit être constituée par :

1° Un central radiotélégraphique de réception et de manipulation établi à Paris ou à proximité et comportant quatre ensembles (appareils et antennes) pour les radiocommunications envisagées où seront centralisées la réception et la manipulation, et d'où sera réglé à chaque instant l'exploitation ;

2° Quatre usines radiogénératrices produisant l'énergie à haute fréquence et transformant automatiquement en signaux radiotélégraphiques les signaux qui lui sont transmis par fil du central radiotélégraphique.

*Organisation des stations doubles.* — Les stations doubles prévues au Sénégal, en Indo-Chine et à Djibouti devront être prévues suivant les mêmes principes que la station quadruple française : elles comprendront alors chacune :

Un central radiotélégraphique de réception et de manipulation établi dans la capitale de la colonie, comportant deux ensembles (appareils et antennes) pour les radiocommunications envisagées, où seront centralisées la réception et la manipulation, et d'où sera réglé à chaque instant l'exploitation de l'ensemble.

Deux usines radiogénératrices d'émission :

L'une d'une portée de 7.000 kilomètres ;

L'autre d'une portée de 4.000 kilomètres, produisant et rayonnant l'énergie sous forme de haute fréquence et transformant automatiquement en signaux radiotélégraphiques les signaux qui lui seront transmis par fil du central radiotélégraphique. Ces usines génératrices seraient placées aux points les plus favorables au point de vue technique.

Dans le cas de la station de Dakar l'usine génératrice d'émission à longue portée serait réservée en principe aux communica-

Digitized by Google

tions à grande distance (France, République Argentine) ; l'usine radiogénératrice à moyenne puissance, aux communications à moyenne distance (Maroc, Brésil, Afrique équatoriale).

Le poste à grande puissance du Sénégal serait affecté normalement aux relations avec Djibouti, l'Australie, la Nouvelle-Calédonie. Le poste à moyenne puissance, aux communications avec le Japon, les Indes, les Philippines.

Le poste de grande puissance de Djibouti serait normalement réservé aux relations avec la France et l'Indochine ; celui de moyenne puissance aurait pour correspondants Madagascar et Pondichéry.

## IV. — Le rôle de la France dans le développement de la télégraphie sans fil

Quel que soit le système qui sera choisi pour le réseau transocéanique français, il est certain que la France trouvera chez elle des ingénieurs et des techniciens capables d'assurer dans de bonnes conditions l'exécution de cette œuvre considérable. Si, en effet, l'état de guerre actuelle oblige à laisser dans l'ombre la plupart des progrès réalisés dans notre pays, il n'en est pas moins vrai que ceux-ci sont très intéressants.

Au point de vue pylônes, c'est une œuvre française, la Tour Eiffel, qui tient toujours le record de la hauteur et c'est en France que se préparent les projets où les hauteurs peuvent atteindre 500 mètres et plus.

Au point de vue systèmes, nous trouvons également d'importantes réalisations et des perspectives d'avenir intéressantes.

La méthode à arc, dont nous avons vu l'essai en Amérique a, sous l'impulsion du Colonel Ferrié et de ses éminents collaborateurs, suivi en France, depuis 1915, un développement parallèle ; de très puissantes installations fonctionnent actuellement en France, et la puissance s'accroît de jour en jour.

Les brevets de l'alternateur Goldschmidt sont, ainsi que nous l'avons vu en ce qui concerne tous les pays excepté l'Allemagne,

Digitized by Google

la propriété de la Compagnie Universelle de Télégraphie et de Téléphonie sans Fil.

La méthode de la multiplication de fréquence par transformateurs statiques est d'origine française. Les procédés employés en Allemagne ont été inventés par un éminent savant français, M. Maurice Joly, mort à la peine, peu après sa découverte. Les brevets de M. Joly sont un modèle d'exposé clair et approfondi. La compagnie générale de radiotélégraphie a, sous l'impulsion de son Directeur technique, M. G.-E Petit, constamment développé la méthode et construit actuellement des postes de grande puissance avec multiplicateurs de fréquence.

D'autre part, la Société française radioélectrique a, depuis longtemps, mis au premier rang de ses préoccupations le problème de l'alternateur à haute fréquence. M. J. Bethenod a étudié, dans une série d'intéressants mémoires, les questions de l'emploi des ondes entretenues en télégraphie sans fil. M. Marius Latour a récemment construit un alternateur de haute fréquence de petite puissance et le résultat de l'essai fait prévoir que la puissance peut être augmentée suffisamment pour qu'on puisse envisager l'application de la méthode aux grandes puissances.

Enfin le procédé des étincelles commandées était étudié par le Service de la télégraphie sans fil des Postes et Télégraphes en même temps que Marconi, d'une façon indépendante, d'ailleurs, poursuivait les expériences dont nous avons parlé et que je ne connaissais pas alors. Dès mai 1917, à un moment où le problème de la construction dans un court délai, d'une station transatlantique avait été posé, j'avais envisagé la création d'une station dans laquelle l'énergie fournie aux condensateurs aurait été 800 kilowatts, l'énergie étant d'ailleurs répartie entre quatre circuits suivant le schéma suivant, équivalent à celui de Marconi. Les lignes suivantes, empruntées à un rapport fait à cette occasion, précisent le principe de la méthode (fig. 102).

. . . . . .

« Considérons par exemple le schéma d'installation ci-joint :

« Soient : 4 ensembles identiques contenant chacun :

« Un circuit d'alimentation composé d'une génératrice à cou-

Digitized by Google

rant continu munie d'un condensateur magasin C, de 2 selfs de réglage et de protection LL, et d'un condensateur à haute fréquence $C_1$ ;

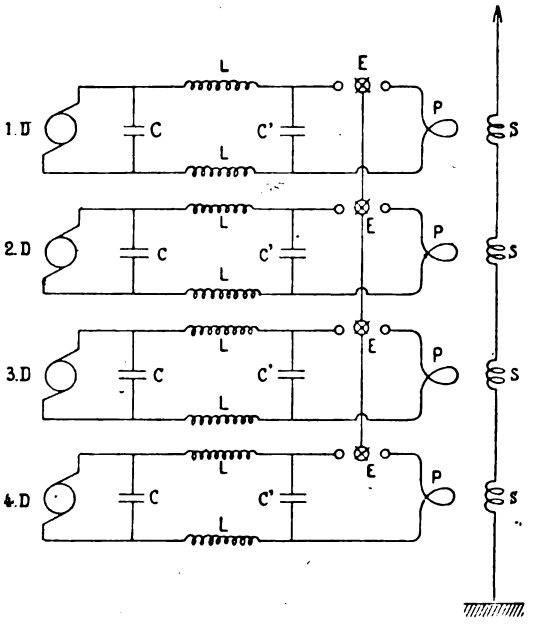



Fig. 102.

« Un circuit à haute fréquence composé d'un condensateur C', d'un éclateur E et du primaire P d'un radiotransformateur.

« Le circuit d'antenne comprend les 4 secondaires S des 4 radiotransformateurs.

« Les 4 éclateurs E sont montés sur le même arbre, mais les pôles fixes (ou les pointes) sont décalés de telle sorte que les éclatements aient lieu à intervalles réguliers dans l'ordre suivant pour les différents ensembles.

« Les quatre ensembles fonctionnent indépendamment les uns des autres et l'antenne se trouve ainsi excitée, comme elle le serait par un seul circuit de décharge identique aux quatre précédents, mais dont l'éclateur supporterait une puissance quatre fois plus grande ».

Digitized by Google

Toutes les solutions qui peuvent être envisagées pour la production de courants de haute fréquence entretenus, et de grandes puissances sont donc actuellement en France l'objet d'études approfondies. Il n'est pas douteux que notre pays puisse réaliser à son honneur la grande œuvre que sera le réseau transocéanique français, œuvre qui lui donnera le premier rang dans le monde au point de vue des radiocommunications, et qui contribuera à la grandeur de la France en facilitant le rayonnement de sa pensée à travers le monde.

Digitized by Google

# TROUBLES CAUSÉS SUR LES CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES

## par des courants forts et notamment de traction monophasée.

*Cette question a fait l'objet d'études nombreuses aussi bien en Europe qu'aux États-Unis. Dans ce dernier pays des résultats intéressants ont été obtenus grâce à des accords intervenus entre les Compagnies de chemin de fer et les Compagnies téléphoniques. Des modifications ont été apportées suivant un plan concerté, simultanément aux lignes d'énergie et aux fils du téléphone, et il en est résulté, dans certains cas, une réduction considérable des troubles d'induction jusqu'à une valeur suffisamment faible pour ne pas gêner sensiblement l'exploitation téléphonique.*

*L'article de E. W. Kellogg paru dans le numéro du 17 novembre 1917 du journal* « Telephony », *dont nous donnons ici quelques extraits, résume brièvement quelques-uns des procédés employés aux États-Unis pour réduire l'importance des troubles causés par l'induction.*

Les réseaux de traction électrique monophasée ont présenté les problèmes d'induction les plus difficiles qu'on ait rencontrés jusqu'à ce jour. Etant donné le grand espace qu'occupent dans le sol les courants de retour, des lignes téléphoniques situées même à plusieurs milles de la voie ferrée ont été troublées par les courants dérivés par la terre et par les courants induits électromagnétiquement. L'induction est, dans la plupart des cas, surtout d'origine électromagnétique et, comme les moteurs des trains absorbant de grandes charges électriques se déplacent rapidement le long des voies ferrées, des croisements téléphoniques qui assurent un équilibre convenable des circuits à un moment donné ne l'assurent plus du tout l'instant suivant.

Digitized by Google

Deux moyens ont été employés sur les réseaux de chemins de fer électrifiés afin d'empêcher l'induction d'agir à d'aussi grandes distances — *le procédé du feeder auxiliaire* employé sur la ligne New-York-New-Haven-Hartford et *le procédé du retour forcé du courant par les rails (transformateur-suceur)* — procédé employé sur la ligne Philadelphie-Paoli (Compagnie des chemins de fer de Pensylvania).

L'énergie, sur la ligne de New-Haven, est transmise, sous un voltage de 22.000 volts, par 2 fils dont l'un constitue le fil de trolley et l'autre le feeder auxiliaire. Les rails forment une ligne de points neutres entre ces deux conducteurs, des autotransformateurs étant installés tous les 2 milles le long de la voie. Le montage est celui de la figure 1.

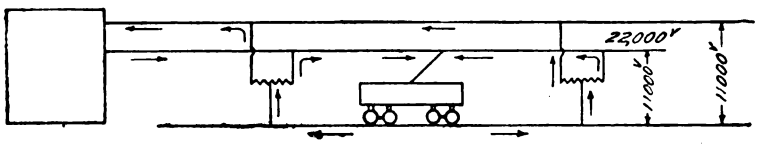



Fig. 1. — Procédé du feeder auxiliaire. Chemin de fer New-York, New-Haven, Hartford.

S'il n'y avait qu'un seul autotransformateur, la marche du courant serait conforme au schéma de la figure 2. La ligne de New-Haven diffère de ce cas simple en ce que un certain nombre d'autotransformateurs en parallèle se partagent le travail.

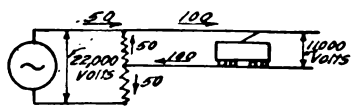



Fig. 2. — Principe de l'auto-transformateur.

Dans ces conditions les courants de retour ne s'écoulent par les rails que le long de la section de voie comprise entre les deux transformateurs situés de part et d'autre du train, soit une longueur de 2 milles; et même, sur cette section, des courants se partagent en deux parties s'écoulant dans deux directions opposées, ce qui réduit encore, dans une large mesure, l'impor-

Digitized by Google

tance des phénomènes d'induction. En dehors de cette section comprise entre deux transformateurs successifs (section trop courte pour que les courants aient de grandes chances de se dériver dans le sol) sur tout le reste de la ligne, aucun courant ne parcourt les rails, et le voltage du feeder auxiliaire étant en tout point opposé au voltage du trolley, les courants dans ces deux fils se neutralisent en partie, au point de vue des effets magnétiques.

Sur la ligne de la Compagnie Pensylvania (Philadelphie-Paoli) le but qu'on s'est proposé d'atteindre fut simplement de forcer les courants de retour à s'écouler par les rails afin de supprimer les actions à longue distance des courants terrestres parasites.

A intervalles réguliers, le long de la voie, on a disposé sur les rails des joints isolants, et, à chacun de ces points, on s'est

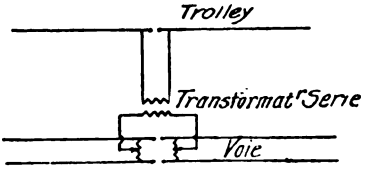



Fig. 3. — Procédé du retour par le rail. Chemin de fer Philadelphie-Paoli.

arrangé pour qu'un courant, égal et opposé au courant du trolley, soit obligé de passer d'une section à l'autre des rails, de part et d'autre du joint isolant (fig. 3). Ce résultat est obtenu au moyen d'un transformateur dont le primaire est en série avec le trolley et dont le secondaire a ses extrémités raccordées aux milieux des ponts inductifs branchés sur les rails de part et d'autre du joint isolant. Par conséquent, si un courant quelconque a pu en un point de la ligne se dériver par la terre, il est ramené au rail au premier joint isolant suivant, d'où le nom de transformateur-suceur souvent donné à ce dispositif. De cette façon les courants de retour sont contenus par les rails au lieu de s'éparpiller, souvent très profondément et très largement dans le sol ; par suite, la surface du circuit inducteur est réduite à l'aire limitée par le trolley et les rails, ce qui limite sensiblement



Digitized by Google

l'importance des phénomènes d'induction au moins à certaine distance de la voie ferrée.

*Limitation des voltages induits sur les circuits téléphoniques parallèles aux lignes d'énergie et notamment aux lignes de traction monophasée.*

Sur les circuits téléphoniques parallèles à des lignes de traction monophasée ou à des lignes d'énergie perturbatrices de tout autre genre, les voltages induits sur les fils téléphoniques peuvent être suffisamment élevés pour causer des accidents de personnes, pour percer les isolants, ce qui détériore le matériel, et faire fonctionner les paratonnerres, ce qui est une cause d'ennuis.

Il y a deux procédés pour réduire ces voltages. Si les hauts potentiels induits sont d'origine électrostatique, on emploie avec succès les *bobines de décharge* ; si les hauts potentiels induits sont d'origine électromagnétique, on se sert des *transformateurs de compensation.*

La bobine de décharge est un simple autotransformateur avec point neutre à la terre. Elle permet aux courants de charge électrostatique de s'écouler des fils téléphoniques vers la terre, ce qui porte ces fils approximativement au potentiel de la terre : pour les courants venant du sol ou allant au sol et se divisant également entre les deux fils du circuit téléphonique, les enroulements de la bobine ne sont pas inductifs tandis qu'ils le sont fortement à l'égard des courants de conversation.

Les transformateurs de compensation ont été surtout utilisés sur des circuits téléphoniques parallèles aux lignes de chemins de fer électrique monophasé. Leur but fut non seulement d'empêcher l'établissement de dangereux voltages induits sur les fils téléphoniques, mais aussi de rendre possible l'utilisation de ces fils au télégraphe simultané, lequel est sérieusement troublé par les courants induits de basse fréquence. Le principe de l'action de ces transformateurs est la création automatique sur le circuit téléphonique d'une force électromotrice opposée à celle que produit par induction la ligne d'énergie perturbatrice. Afin que cette force électromotrice d'équilibre soit à tout moment égale et de signe contraire à la force électromotrice directement

Digitized by Google

induite, il faut qu'elle provienne d'un circuit neutralisant soumis aux mêmes actions extérieures que le circuit téléphonique à protéger et par conséquent situé sur les mêmes appuis que ce circuit téléphonique. L'artifice consiste donc à disposer sur la ligne téléphonique, tout le long de la section de parallélisme avec la ligne de traction monophasée, un circuit spécial dit neutralisant dont les extrémités (aux deux bouts de la section de parallélisme considérée) sont mises à la terre.

Sur ce circuit neutralisant est intercalé le primaire d'un ou de plusieurs transformateurs de compensation dont les secondaires sont intercalés dans les différents circuits téléphoniques à protéger. Les fils d'énergie induisent en même temps le circuit neutralisant et les circuits téléphoniques. Les courants induits sur le circuit neutralisant créent sur les circuits téléphoniques, par induction à travers les transformateurs de compensation, des forces électromotrices à tout instant égales et opposées à

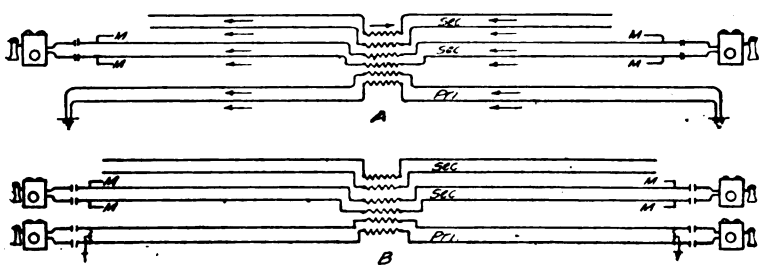



Fig. 4. — Montage des transformateurs de compensation. M désigne un poste télégraphique Morse.

celles qui sont induites directement sur ces circuits. La figure 4-A montre la disposition des circuits et leur raccord aux transformateurs. Les flèches indiquent les directions des forces électromotrices induites sur les circuits et celles dont les enroulements des transformateurs sont le siège.

Le circuit neutralisant ou primaire doit être peu résistant (doit comporter au besoin plus de deux fils) et les transformateurs doivent être élévateurs de tension, de telle sorte que ce circuit neutralisant produise tout le courant magnétisant nécessaire à exciter les noyaux des transformateurs et que les voltages induits sur

Digitized by Google

les circuits téléphoniques soient neutralisés sans que ces circuits aient à écouler beaucoup de courant perturbateur.

L'impédance du circuit primaire du transformateur cause une différence de phase qui rend impossible la compensation exacte et absolue de la force électromotrice directement induite sur le circuit téléphonique ; cependant on a réussi à réduire dans bien des cas de 75 à 90 % cette force électromotrice.

Comme les enroulements secondaires ne sont parcourus que par des courants très faibles, un même transformateur peut comporter jusqu'à 60 enroulements secondaires à la fois. Ces enroulements secondaires sont pratiquement non-inductifs à l'égard des courants de conversation car ils sont parcourus en sens inverse par ces courants qui circulent dans des directions opposées sur les deux fils d'un même circuit téléphonique. Mais à l'égard du télégraphe (aussi bien du télégraphe approprié simplex avec les deux fils pris en parallèle que du télégraphe « van Rysselberghe » sur chacun des deux fils séparément), ces enroulements secondaires sont inductifs.

Les circuits neutralisants ne peuvent pas servir au télégraphe, puisque leurs extrémités sont à la terre, mais peuvent être utilisés pour le téléphone. A cet effet ils comportent un nombre pair de conducteurs et chacune de ces paires de fils est mise à la terre aux deux extrémités au moyen de bobines de décharge placées en dérivation, conformément à la figure 4-B

Digitized by Google

# NOTE SUR UNE COMMUNICATION
# BAUDOT QUADRUPLE
## NAPLES-PALERME

Par M. MERCY,
Commis principal au Poste Central Télégraphique de Paris.

L'office italien a réussi à desservir, à l'aide du quadruple Baudot, la ligne sous-marine de Naples à Palerme constituée par un câble de 350 km. environ.

Le point le plus intéressant de cette application, c'est que les transmissions s'effectuent comme sur les lignes aériennes, c'est-à-dire par deux secteurs dans chaque sens, à chaque révolution des balais du distributeur, et que le type d'installation ordinaire est utilisé sans modification.

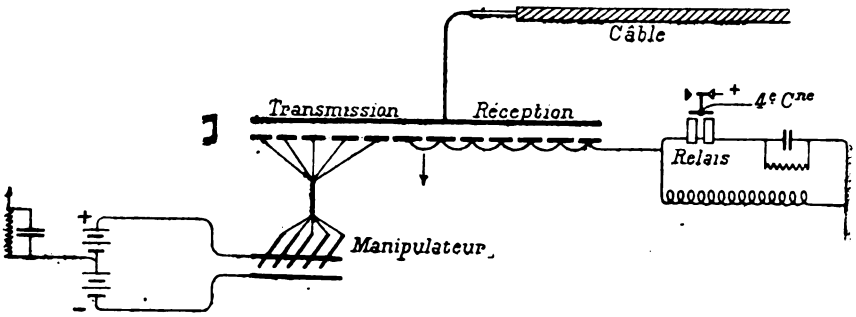
Les moyens employés sont des plus simples et portent uniquement sur l'agencement de la ligne à ses deux extrémités. Le câble est bloqué entre des condensateurs shuntés dont la capacité et la résistance du shunt varient selon le sens de la transmission. En outre, pour atténuer l'effet nuisible de l'allongement des périodes variables, une dérivation est établie, à chaque extrémité du câble, à travers une résistance pourvue d'une self-induction déterminée.

Une mise à la terre du câble a lieu directement, à chaque révolution, pendant le temps qui s'écoule entre la fin de la transmission et le commencement de la réception. A cet effet, deux contacts de la deuxième couronne du distributeur sont reliés à la terre en permanence.

D'après des renseignements officieux, le schéma du système pourrait être reconstitué comme l'indique la figure.

Digitized by Google

On retrouve là les dispositifs, condensateurs shuntés bloquant le câble et dérivation inductive, introduits en 1910 sur les câbles franco-algériens par M. l'Inspecteur Carrat, le collaborateur et le continuateur de notre regretté P. Picard. Mais, sur ces communications, les transmissions avaient lieu toujours dans le même sens. La ressemblance des dispositions prises est plus com-




plète si l'on considère l'agencement dont s'est servi M. Carrat lors des essais du Baudot double sur le câble de Tanger-Oran, en 1912. Non seulement la ligne était bloquée entre des condensateurs shuntés et pourvue de dérivations inductives, mais une transmission s'effectuait dans chaque sens pendant une révolution des balais. La seule différence consiste dans l'emploi du relais de P. Picard au lieu du relais Baudot ordinaire. Les premières tentatives avaient été faites cependant avec ce dernier relais, mais il avait fallu recourir au relais de P. Picard en raison de la faiblesse des courants reçus ; le câble a 525 km. et les courants étaient émis sous une tension de 10 volts.

Quoi qu'il en soit, la réussite de la tentative de l'office italien ouvre la voie à de nouvelles et fructueuses applications et méritait, à ce titre, d'être signalée.

Digitized by Google

## Service d'Études et de Recherches Techniques
## DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

### Économies de matières premières : Réutilisation de piles usées (1)

La pile à liquide immobilisé se compose d'une électrode négative en zinc, d'une électrode positive en charbon et d'une pâte électrolytique.

L'électrode positive en charbon est entourée d'une composition formée de bioxyde de manganèse, de charbon ou de graphite pour diminuer la résistance intérieure, de constituants électrolytiques et d'eau. La composition exacte n'en est pas donnée par les fabricants, mais on y reconnaît facilement la présence au moins de sel ammoniac et d'un peu de chlorure de zinc.

Le charbon et la composition dépolarisante qui l'entoure peuvent être regardés comme une électrode composée et l'on essayera de donner plus loin une théorie de l'action dépolarisante. L'électrode composée est contenue dans un sac.

Entre cette électrode composée et le zinc se trouve la pâte électrolytique. Elle est généralement blanche et composée de gélose ou fécule, de sel ammoniac et d'un peu de chlorure de zinc.

L'élément de pile à liquide immobilisé 295-40 de l'Administration a les caractéristiques suivantes moyennes :

| | |
|---|---|
| Poids total | 3 kgs 250 |
| Poids du zinc | 0 kg. 250 |
| Poids de l'électrode composée | 2 kgs. |
| Poids de pâte électrolytique | 0 kg. 375 |

En vue de garder l'humidité, la pile est recouverte d'une couche de bitume.

(1) Expériences effectuées par M. Reynaud-Bonin, Ingénieur des Postes et Télégraphes, en collaboration avec M. Houdas, Chef de Laboratoire à l'École Supérieure de Pharmacie.

Digitized by Google

*
* *

*Essai de théorie de la pile à liquide immobilisé.* — Dans le fonctionnement de la pile à liquide immobilisé, la solution excitatrice de chlorhydrate d'ammoniaque $AzH^4Cl$ est séparée en ses éléments $AzH^3$ et HCl : le premier se portant vers le positif, le second vers le zinc. Telle est du moins la réaction supposée fondamentale.

Mais l'expérience permet d'établir que des réactions secondaires de la plus grande importance se passent dans la pile.

1° L'acide chlorhydrique HCl agissant sur le zinc donne du chlorure de zinc $ZnCl^2$.

2° L'ammoniaque $AzH^3$, qui tendrait à polariser la pile, doit être décomposé pour éviter la polarisation de celle-ci.

On pourrait croire que le travail de décomposition de l'ammoniaque est dévolu uniquement au dépolarisant (bioxyde de manganèse) dont on entoure le positif. Il n'en est rien. L'analyse d'une pile usée montre que la proportion de bioxyde de manganèse décomposée est relativement faible par rapport à celle qui correspondrait à la combustion totale de l'ammoniaque dégagé.

Le dépolarisant d'une pile neuve lavé et desséché contient 78 % environ de manganèse dosé à l'état de bioxyde, celui d'une pile complètement usée en contient encore près de 70 %.

D'après ces chiffres, le positif d'une pile 295-40 neuve contient 1.250 grammes de bioxyde de manganèse et celui d'une pile usée ayant débité une centaine d'ampères-heures en contient encore 1125 grammes environ, ou encore la réaction chimique de la pile pour un débit de 100 ampères-heures correspond à la réduction de 125 grammes de bioxyde de manganèse seulement.

Or, si l'on supposait que la dépolarisation est effectuée uniquement par le bioxyde de manganèse, pour un débit de 100 ampères-heures, il devrait en être réduit non pas 0 kg. 125, mais 1 kg. (1).

(1) En supposant le bioxyde transformé en $Mn^3O^4$ par la réduction et en prenant pour point de départ le fait que chaque ampère-heure correspond théoriquement à la disparition de 1 gr. 23 de zinc.

Digitized by Google

On doit considérer que la décomposition ou fixation de l'ammoniaque se fait de trois façons différentes dans la pile :

*a*) Une partie de l'ammoniaque est décomposée par le bioxyde de manganèse ;

*b*) Une partie de l'ammoniaque est probablement *brûlée par l'oxygène de l'air* occlus dans la pile et se renouvelant dans les périodes de repos de celle-ci.

*c*) Enfin, une partie de l'ammoniaque se fixe sur le chlorure de zinc et forme des cristaux de chlorure de zinc ammoniacal que l'on trouve en abondance en démontant la pile, et cela expliquerait pourquoi l'expérience a conduit les fabricants à mettre du chlorure de zinc dans l'électrode composée et la pâte électrolytique.

* * *

*Qualités de la pile considérée comme générateur d'électricité.* — Plusieurs grandeurs fondamentales caractérisent chaque élément de pile. Ce sont : la force électromotrice initiale, la résistance intérieure, la capacité en ampères-heures et la tendance à la polarisation (1).

Ces grandeurs ne sont pas indépendantes entre elles et certaines dépendent en outre des dimensions de l'élément de pile : par exemple la capacité en ampères-heures et à un moindre degré la résistance intérieure. Pour des éléments de même fabrication, la résistance intérieure des éléments de petites dimensions est un peu plus élevée que celle des grands éléments.

Dans la pile à liquide immobilisé, la force électromotrice initiale est de 1v 32 à 1v 56, la résistance intérieure des éléments 295-40 descend rarement au-dessous de 0ω 13 et reste facilement inférieure à 0ω 25.

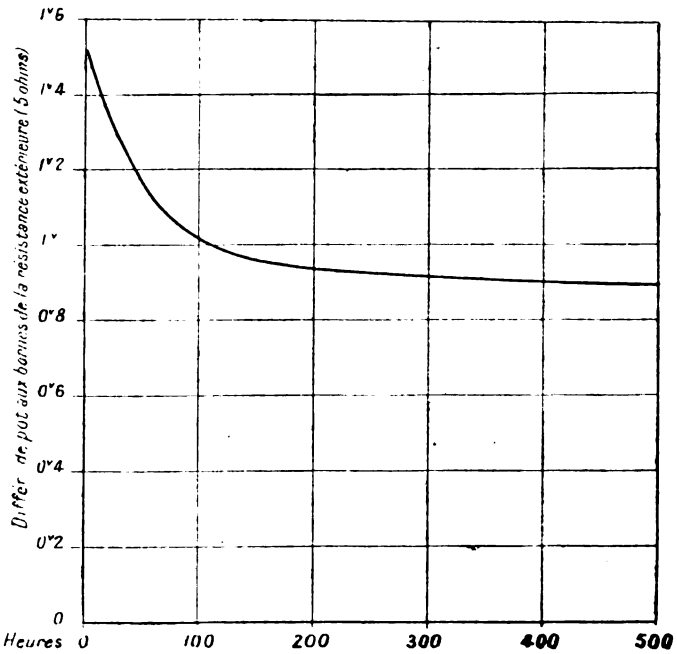
*Courbes de débit.* — La courbe de débit d'un élément 295-40 neuf est représentée sur la planche I. La pile a débité d'une façon continue sur une résistance de 5 ohms. La courbe a été obtenue

(1) La tendance à la polarisation, pour un régime de débit donné, ressort comme il sera montré plus loin de l'examen des courbes de débit.

Digitized by Google

en portant le temps en abcisses et en ordonnées la valeur de la différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure. Il a fallu de 4 à 500 heures de débit continu pour que la différence de potentiel aux bornes tombe au dessous de 0v, 9.

Le nombre d'ampères-heures fournis est proportionnel à la sur-




face comprise entre la courbe et l'axe des abcisses. Il est de 80 environ pour un débit limité à 0v, 9.

Le débit peut être poussé beaucoup plus loin et l'on considère qu'une pile 295-40 est utilisable au téléphone jusqu'à ce que la différence de potentiel aux bornes soit tombée à 0v, 6.

Il est difficile d'évaluer le nombre d'ampère-heures réellement fournis par une pile d'appareil téléphonique, car le régime en débit intermittent d'une part favorise la pile, mais d'autre part le dessèchement de la pâte électrolytique, l'usure locale du zinc, tendent à diminuer sa capacité; on peut affirmer, en tous cas,

Digitized by Google

que la quantité d'électricité fournie par une telle pile en service réel est notablement supérieure à 100 ampères-heures.

*Polarisation de la pile à liquide immobilisé.* — En se reportant à la courbe fondamentale de débit, on voit que cette courbe descend constamment vers l'axe des abscisses.

Les causes qui provoquent la descente de la courbe sont :

1° L'augmentation de la résistance intérieure ;

2° La diminution de la force électromotrice.

La diminution de la force électromotrice est due elle-même à deux causes.

*a*) Une altération temporaire des électrodes (polarisation), altération qui cesserait assez rapidement si l'élément était laissé au repos.

*b*) Une altération définitive des liquides excitateurs ou autres substances contenues dans la pile, altération qui ne cesse pas quand on laisse l'élément au repos.

On peut aisément se rendre compte de l'importance relative de chacune des causes énumérées par l'exemple suivant :

| | | |
|---|---|---|
| Une pile neuve avait les constantes suivantes :..... | f.é.m... : | 1v, 56 |
| | Résistance intérieure..... : | 0ω, 13 |
| On cessa le débit (continu) après 430 heures et les constantes de la pile furent relevées *immédiatement* : elles furent trouvées :..... | f.é.m... : | 0v, 96 |
| | Résistance intérieure..... : | 0ω, 52 |
| Mais, à ce moment, l'élément était fortement polarisé ainsi qu'on peut le constater en suivant les variations de la f.é.m. de l'élément laissé au repos..... | | |
| f.é.m. à l'instant de la cessation du débit..... : | | 0v, 96 |
| — 5 minutes après la cessation du débit..... : | | 0v, 98 |
| — 24 heures après la cessation du débit..... : | | 1v, 09 |

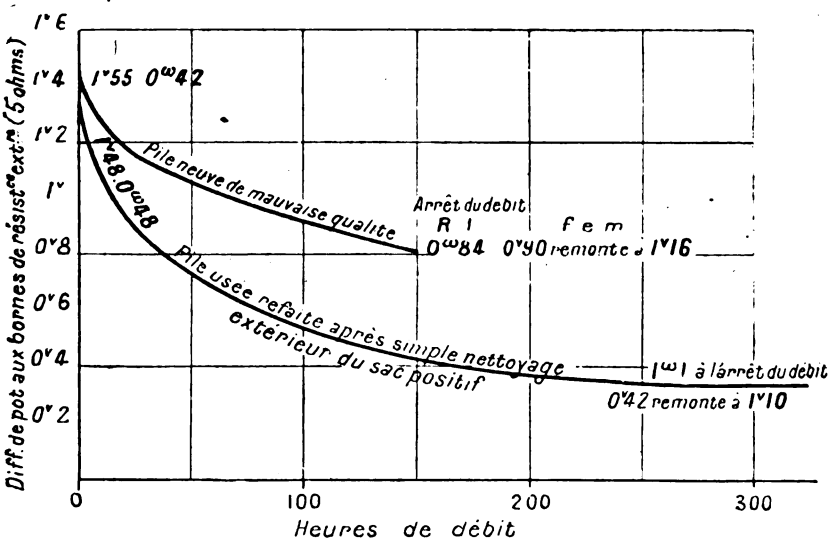
La tendance à la polarisation est marquée par la rapidité avec laquelle les courbes de débit, tracées à la même échelle, tombent *au début* vers l'axe des abscisses. La planche II représente deux courbes de débit marquant des différences de polarisation sensibles.

* * *

Digitized by Google

*Peut-on réutiliser une pile usée?* — Pour réutiliser une pile usée, il faut augmenter sa force électromotrice, diminuer sa résistance intérieure et diminuer enfin sa tendance à la polarisation.

Dans la pile usée le zinc est partiellement, parfois presque totalement disparu; la pâte électrolytique s'est desséchée; il s'est formé dans la pâte et dans l'électrode positive composée des




cristaux de chlorures de zinc ammoniacaux; une partie du bioxyde de manganèse est transformée en oxyde inférieurs.

Les phénomènes n'ont pas eu la même intensité aux divers niveaux de l'élément et c'est généralement dans la partie inférieure qu'ils ont été le plus intenses. Dans cette partie, le positif est devenu extrêmement dur par suite de la pénétration des cristaux de sel de zinc. Les parois extérieures du sac contenant le positif sont d'ailleurs recouvertes d'incrustations cristallines compactes.

On peut, dans une certaine mesure, réutiliser une pile usée en la démontant, en retirant le sac positif que l'on lave et que l'on gratte soigneusement de façon à le débarrasser le plus possible des incrustations cristallines et en refaisant une pile avec le sac positif

Digitized by Google

ainsi lavé, un zinc neuf et une pâte électrolytique neuve. Les résultats obtenus par cette méthode sont représentés par la courbe inférieure de la planche II. Si l'on estime que la pile est utilisable au téléphone jusqu'à 0v, 6, on s'aperçoit qu'un positif de pile usée traité de la sorte est capable d'agir encore comme dépolarisant assez efficacement et que la pile refaite peut fournir un nombre fort appréciable d'ampères-heures.

Mais on peut se proposer de tirer encore un meilleur parti des positifs des piles usées. En pulvérisant finement le dépolarisant et en le mettant simplement en contact, en quantité convenable, avec de l'acide chlorhydrique dilué au dixième pendant 24 heures et en agitant de temps en temps, on réussit à dissoudre le zinc, l'ammoniaque, l'oxyde de manganèse réduit et quelques impuretés du bioxyde de manganèse initial. La matière résultant du traitement par l'acide possède un titre en bioxyde de manganèse pur analogue à celui que présenterait une pile neuve et peut servir à la fabrication de nouvelles piles, après addition par les fabricants des quantités de produits purs (sel ammoniac, chlorure de zinc ou autres substances) qu'il est d'usage d'y ajouter selon le procédé de fabrication de chaque maison.

La solution saline décantée contient des chlorures de manganèse, de zinc et d'ammonium, dont la valeur, surtout pour le zinc, n'est pas à dédaigner à l'heure actuelle.

Le procédé a donné de très bons résultats en Laboratoire et l'on peut espérer qu'il sera susceptible d'une application industrielle.

## Piles pour abonnés à faible trafic téléphonique.

La pile à liquide immobilisé n° 295-40 de l'Administration pèse 3 kgs 250 et pourrait débiter plus de cent ampères-heures, c'est-à-dire de quoi alimenter dix à quinze mille conversations de 3 minutes chacune. Mais la pile vieillit, même au repos, et chez les abonnés à faible trafic elle devient inutilisable en deux ou trois ans n'ayant débité qu'une petite fraction des ampères-heures qu'elle contenait.

Digitized by Google

Le Service d'Études a proposé, pour les abonnés au téléphone à faible trafic, l'adoption d'une pile à liquide immobilisé de plus petites dimensions que la pile 295-40. Ce nouveau modèle de pile pèserait environ 1 kg. (au lieu de 3 kg. 250) et les essais entrepris avec la collaboration de l'industrie ont donné les résultats suivants :

I. Modèle pesant 1 kg. 100 ; dimensions : 0 m. 135 × 0 m. 065 × 0 m. 065.
Force électromotrice initiale : 1v 50.
Capacité obtenue par la décharge continue sur 10 ohms jusqu'au moment où le voltage s'est abaissé à 0v 75.
Moyenne fournie par 40 éléments : 36 A.H. 05
Chiffres extrêmes : 32 A.H. et 44 A.H. 3.

II. Modèle pesant 0 kg. 950; dimensions : 0 m. 158 × 0 m. 066 de diamètre.
Force électromotrice initiale : 1v 50.
Capacité obtenue comme il a été dit :
Moyenne fournie par 15 éléments : 35 A.H. 83.
Chiffres extrêmes : 31 A.H. et 42 A.H. 1.

Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants.

## Essai de câble aérien.

Un câble aérien construit suivant la méthode en cours aux États-Unis et d'une longueur de quelques kilomètres vient d'être posé entre Saint-Denis et la Barre, suivant les méthodes employées en Amérique et décrites (1) par la mission de fonctionnaires récemment revenue de ce pays.

La nouvelle ligne est destinée à prolonger de quelques kilomètres une ligne souterraine reliant Paris (interurbain) à la tête de ligne de la Double Couronne à Saint-Denis.

---

(1) Mission de fonctionnaires aux États-Unis. Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1917.

Digitized by Google

Elle est constituée par un câble téléphonique à 56 paires sous papier et plomb du modèle administratif suspendu à un câble d'acier formé de 7 fils de fer de 4 mm. L'ensemble est porté par des poteaux en bois du modèle réglementaire ; les autres organes sont du modèle employé aux États-Unis.

Les premiers essais de pose ont donné des résultats satisfaisants, les sections établies en novembre 1917 ont supporté, sans faiblir, l'abaissement de température exceptionnel de décembre.

Ces premiers essais font penser que les câbles aériens pourront être utilisés chaque fois que l'on est en droit de songer à l'établissement d'un câble souterrain, et le câble aérien apparaît souvent comme préférable au câble souterrain.

Dans la plupart des villes importantes, la partie centrale du réseau est aéro-souterraine, mais on hésite souvent à prolonger les lignes souterraines dans les faubourgs où la densité des abonnés est faible et où le prix de revient des canalisations souterraines est très élevé. Aussi rencontre-t-on fréquemment, dans ces cas, des lignes aériennes très chargées, sur lesquelles sont placés à la fois des circuits d'abonnés, des circuits interurbains de faible longueur et même des communications interurbaines à grande distance. La capacité de ces artères placées sur poteaux ne peut souvent dépasser celle d'une ligne simple et l'extension présente de sérieuses difficultés.

Dans ce cas, l'emploi de câbles aériens ne contenant que des lignes d'abonnés est tout indiqué ; l'encombrement est aussi réduit que possible, la consolidation est réduite au minimum. Les lignes interurbaines en fils nus seront aériennes et ainsi séparées des lignes urbaines.

On peut aussi songer aux applications possibles du câble aérien pour l'établissement de réseaux à artères peu étendus et denses situés dans des centres d'activité militaire ou industrielle éloignés des villes, mais il faut remarquer que les câbles aériens ne permettent pas de réaliser la distribution des lignes d'abonnés.

En somme les avantages résumés des câbles aériens sont les suivants :

Digitized by Google

1° D'abord les avantages que présente le câble téléphonique sur la ligne aérienne; encombrement réduit au minimum et nombre de conducteurs accru; entretien réduit au minimum; anti-induction parfaite si le câble a été fabriqué convenablement.

2° Ensuite des avantages propres au câble aérien, facilité et rapidité de cette méthode de construction.

Il est bien entendu que les câbles aériens reliés à des circuits en fils nus, ne devant aucunement rompre l'homogénéité de la ligne répondront aux mêmes conditions électriques que les câbles souterrains (1).

## Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels.

Le service de protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels ayant été réorganisé par le décret du 29 mars 1917 ainsi que l'arrêté du même jour, et devant être désormais assuré par les Directions Régionales, il a paru utile de faire réunir en un volume d'un maniement aisé les diverses prescriptions en vigueur sur ce sujet.

Le Service d'études et de recherches techniques a élaboré une *Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels* qui, approuvée par le comité technique le 20 décembre dernier, vient d'être distribuée au personnel intéressé.

Dans une première partie sont étudiées les conditions de coexistence des lignes à courant fort et des lignes à courant faible. En trois chapitres, respectivement consacrés aux lignes de transport d'énergie, aux lignes de traction par courant con-

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, juin 1917, et Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes.

Digitized by Google

tinu, et aux lignes de traction par courant alternatif, les installations industrielles sont sommairement décrites, les dangers qu'elles présentent mis en évidence, et les précautions à prendre détaillées d'une façon complète.

La deuxième partie expose l'organisation du service du contrôle (Ponts et Chaussées) et le rôle des directions régionales des postes et télégraphes dans la réception des installations industrielles et dans la constatation des accidents, des dommages et des troubles causés sur les lignes de l'État par les courants forts.

Enfin, dans une dernière partie, sont reproduites les différentes circulaires de l'Administration des P. T. T. concernant la protection des lignes télégraphiques et téléphoniques.

## Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées.

Le Service d'études a également élaboré une instruction sur les *Circuits combinés et circuits appropriés à la télégraphie et à la téléphonie simultanées.*

Cette plaquette, récemment envoyée aux services intéressés, donne toutes les indications désirables au sujet du montage des transformateurs ; elle renseigne avec précision sur la manière dont doit être pratiquement réalisée la combinaison des circuits suivant l'importance du bureau considéré. En outre, un appendice de quelques pages rappelle le principe de ces installations et les dispositifs antérieurement employés.



Digitized by Google

# COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

## ÉCONOMIES DE MATIÈRES PREMIÈRES OU DE MAIN-D'ŒUVRE

Les économies de matières premières et de main-d'œuvre, toujours intéressantes à réaliser, sont devenues par suite de la guerre d'une importance capitale. Le Comité technique des P. T. T. a recherché des économies que l'on pourrait réaliser immédiatement, et il a indiqué les suivantes :

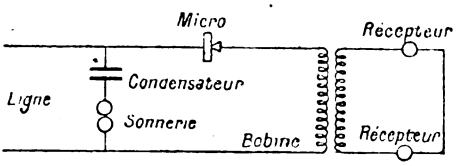
**I. Suppression de piles d'abonnés ; admission d'appareils d'abonnés à batterie centrale intégrale.** — Le Comité Technique a émis le vœu que l'Administration cesse, le plus tôt possible, de faire des installations de piles chez les nouveaux abonnés des réseaux possédant la batterie centrale, actuellement limitée à la signalisation d'appel et de fin. Ce résultat sera obtenu par l'admission d'appareils à batterie centrale sur le réseau de l'État.

Dans le but de diminuer les dépenses d'entretien, l'Administration imposera à ces types d'appareils le maximum d'unification qui a paru compatible avec l'état actuel de l'industrie française, soit : le schéma type ci-contre, un crochet commutateur interchangeable dont les spécifications seront indiquées aux constructeurs et l'interchangeabilité mécanique et électrique des capsules nicrophoniques.

Pour économiser la main-d'œuvre de montage, l'Administration s'efforcera de fournir aux abonnés, ou de leur faire acheter des appareils contenant la sonnerie dans le bâti même de l'appareil pour les postes muraux, ou dans un petit bâti (sonnerie et condensateur) relié au bâti principal par un cordon souple de longueur invariable pour les postes mobiles.

Digitized by Google

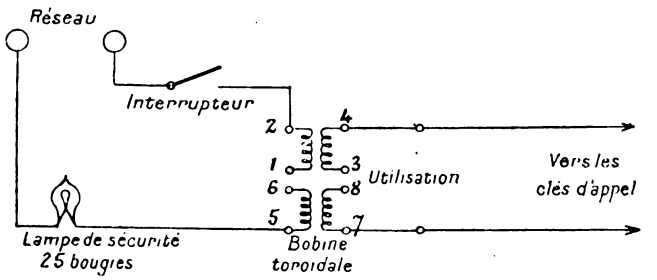
Enfin, l'attention du Comité a été attirée sur certains détails de construction des appareils qu'il serait désirable d'améliorer : on renoncera aux bornes extérieures, tout en maintenant une réglette intérieure de coupures destinée à faciliter la vérification




des communications, les fils de communication, ne sortant pas du bâti de l'appareil, seront des fils sous soie et coton imprégnés à la cire, les attaches de ces fils seront soudées, la fabrication des bâtis métalliques sera recommandée.

**II. Suppression des piles d'appel dans les bureaux téléphoniques.** — Les piles d'appel des bureaux téléphoniques où sont utilisés des tableaux non multiples pourraient être remplacées immédiatement par des appels magnétiques dont la manivelle serait placée à droite du keyboard. Il résultera de l'application de cette mesure une certaine complication des manœuvres des opératrices, mais l'état de guerre justifie l'application de cette mesure.

Dans les localités où existe une distribution d'éclairage électrique par courants alternatifs ordinaires ou triphasés à 42




périodes, il sera, en outre, possible d'utiliser les courants industriels pour l'appel des abonnés téléphoniques. Les manœuvres des opératrices ne subiront alors aucune complication. Le disposi-

Digitized by Google

tif à employer consiste en un transformateur statique (bobine toroïdale du modèle administratif) protégé par une lampe de sécurité (lampe à filament métallique, 25 bougies pour le voltage normal du réseau).

L'appareil est monté comme il est indiqué sur le schéma, les clés d'appel se manœuvrant absolument à la façon ordinaire.

## Griffe spéciale pour arracher les poteaux.

Le Comité Technique a émis un avis favorable à l'utilisation de griffes, présentées par M. Poissonnier, Chef d'ateliers à Boulogne-sur-Mer.

Les remaniements des lignes importantes nécessitent, en général, le déplacement de nombreux appuis ; les poteaux sont arrachés à l'aide de crics. L'emploi de la griffe présentée permet de diminuer sensiblement la durée de l'opération. La forme de l'appareil rappelle celle d'une tenaille dont les mâchoires, grâce à leur forme, peuvent facilement embrasser le poteau. A chaque poignée est fixée une chaîne terminée par anneau qui sert à la relier au cric.

Digitized by Google

# Le service postal, télégraphique et téléphonique
# DANS LES ADMINISTRATIONS ET LES ARMÉES
# DES PAYS ENNEMIS

## Les chèques postaux en Allemagne.

Le nombre des titulaires de comptes de chèques a passé de 111.931 à la fin de 1915 à 148.918 à la fin de 1916, et leur avoir de 274 millions de marks (1) à 465 millions de marks. Le nombre des titulaires s'est, par suite, accru de 36.987 et leur avoir d'environ 200 millions de marks.

Les transactions se sont élevées à la somme de 63.482 millions de marks ; elles se sont accrues de 15.676 millions de marks ou de 32.79 % comparativement à l'exercice précédent. Des payements pour un montant de 42.367 millions de marks ou pour 66.74 % de l'ensemble des transactions ont été opérés par voie de compensation.

Ces résultats satisfaisants sont dus surtout à la propagande faite par l'Administration dans le but de faire connaître cette institution. Des avis sur le service des chèques auxquels étaient jointes des demandes d'ouverture de comptes ont été encartés dans certaines revues professionnelles ; en outre, un grand nombre de ces avis ont été distribués par les facteurs à des commerçants, industriels, médecins, avocats, corporations, etc., qui ne possédaient pas encore de comptes de chèques. Le Syndicat des médecins, le Conseil de l'ordre des avocats et les Chambres de propriétaires d'immeubles ont été priés aussi d'engager leurs adhérents à se faire ouvrir des comptes de chèques. Dans un

(1) Le cours du mark, avant la guerre, oscillait autour de 1 fr. 24.

Digitized by Google

appel adressé aux membres des chambres de commerce, les commerçants allemands ont recommandé la participation au service des chèques postaux. Les cartes de versement ont été munies, dans un but de réclame, d'un avis et d'étiquettes de couleur gommées portant une invitation à participer audit service et envoyées aux titulaires de comptes, avec prière de les coller sur les lettres, relevés de factures, etc., adressés à leurs correspondants qui ne se sont pas encore fait ouvrir un compte.

L'Administration a été secondée d'une façon efficace par la presse. De nombreux articles de journaux ont attiré l'attention du public sur les avantages offerts par le service des chèques et sur la nécessité de contribuer au développement du système des payements par voie de compensation. Les résultats obtenus sont dus à cette persévérante propagande.

L'avoir des titulaires de comptes de chèques est converti par l'Administration des postes en titres d'emprunt à intérêt fixe de l'Empire et des divers États confédérés. Une faible partie des capitaux disponibles est utilisée pour des prêts à des corporations et pour l'achat de lettres de change et de bons du Trésor à court terme, par l'entremise de la banque impériale. Une bonne partie du capital disponible (en 1916 environ 163 millions de marks) est déposée, moyennant payement d'un intérêt de 3 °/₀ l'an, à la Caisse Centrale qui a ainsi des plus grandes disponibilités pour ses opérations financières.

Le reste de l'avoir des titulaires de comptes de chèques augmente le fonds de roulement des bureaux de poste et constitue également un fonds de réserve pour les bureaux des chèques postaux. Le montant total des sommes ainsi placées s'élevait à 441 millions de marks à la fin de 1916.

Les transferts effectués dans les relations avec les pays voisins (Autriche, Hongrie et Luxembourg) ont porté sur des sommes assez importantes. Les sommes transférées de ces pays sur l'Allemagne ont été supérieures à celles transférées en sens contraire. L'Autriche a opéré 60.368 transferts portant sur 30 millions 1/3 de marks, tandis que l'Allemagne n'a effectué sur ce pays que 6.574 transferts d'un montant de 2 millions 1/3 de

Digitized by Google

marks. Pour la Hongrie, les transferts se sont élevés respectivement à 5 millions 1/5 et à 300.000 marks, et, pour le Luxembourg, à 13 millions 1/3 et à un peu moins de 2 millions 1/2 de marks.

## Union postale entre États de l'Europe centrale.

Les *Blätter für Post und Telegraphie* réclament, en ces termes, la création d'une Union Postale entre États de l'Europe Centrale :

« Quelle que soit l'organisation nouvelle de l'Europe Centrale après la guerre, confédération d'États, ligue économique, ligue douanière, un des plus importants problèmes à résoudre sera la réglementation du trafic à l'intérieur de chaque pays et entre pays voisins. En réalité, une vraie alliance trouverait un point d'appui très solide dans des relations régies d'après des principes uniformes surtout en ce qui concerne les tarifs. Une Union Postale, conclue entre tous les membres de l'alliance, rapprocherait plus encore les habitants des divers États, provoquerait entre eux des échanges économiques et un vif mouvement d'idées, ouvrirait aux relations des domaines encore inexplorés, procurerait au commerce des routes et des débouchés nouveaux, en un mot, servirait au mieux les intérêts d'une alliance pacifique et défensive.

« L'exemple encore récent de l'Union Postale germano-austro-hongroise, fondée en 1850, montre combien la Poste a contribué à établir et à améliorer les rapports amicaux et économiques entre l'Allemagne et la double monarchie. Pour ne citer que quelques chiffres, en 1913, 116 millions de lettres et plus de 6 millions de paquets et d'envois recommandés ont été expédiés d'Allemagne en Autriche-Hongrie ; en sens inverse, 118 millions de lettres et plus de 4 millions de paquets et d'envois recommandés ont été acheminés par la Poste.

« Depuis quelque temps des conversations sont engagées en vue de créer désormais des relations postales plus étroites encore avec les États balkaniques. Le Sous-Secrétaire d'État des Postes et l'administration allemande sont tout qualifiés pour résoudre, indépendamment des difficiles problèmes que pose la guerre,

Digitized by Google

celui qui consistera à réunir plus étroitement, par l'œuvre pacifique d'une communauté postale, les puissances centrales indissolublement associées par leur fraternité d'armes ; ils doivent faire les premières démarches auprès des parties contractantes.

« Dans les conventions à passer, on devra admettre les pays dont la situation géographique et l'état politique et économique font apparaître la participation comme utile et avantageuse à tous ; on conclura aussi des accords avec d'autres pays voisins, parce qu'une Union avec les seuls balkaniques alliés serait une création trop fragile en raison du manque de voies de communication et de la faible densité de la population.

« La future Confédération aura en vue d'associer la poste, les chemins de fer et les ponts et chaussées pour ouvrir aux relations vers l'Orient les routes qui manquent ; elle instituera une grande politique commerciale et prévoyante qui fera bénéficier de tous les progrès modernes les États dont le trafic manque de développement. En ce qui concerne la Poste, l'on n'a qu'à songer au service des chèques et virements, au service des journaux, à l'institution de la lettre de crédit, aux règlements de compte par un Office Central (Clearinghouse) pour reconnaître la tâche énorme qui écherra à l'Union Postale future. Cet Office Central servant de régulateur serait organisé sur le type du bureau de l'Union Postale Universelle de Berne et tous les états participants y détacheraient des employés. Sans parler des avantages qu'entraînerait la généralisation des règlements de compte par virements, l'institution de cet Office consoliderait encore et resserrerait l'entente.

« L'Union Postale de l'Europe Centrale permettrait aux États participants de réaliser, entre autres, les réformes suivantes : Abaissement du tarif des lettres, des colis postaux et des frais de transit, unification des timbres-poste, emploi de timbres-réponses au lieu des encombrants coupons-réponses actuels, généralisation du service des abonnements et de la distribution des journaux par la poste, etc.

« L'objection tirée de la forte dépense d'une semblable institution ne tient pas devant son utilité. En admettant même que la

Digitized by Google

Poste d'Empire voie, du fait du trafic centre-européen, ses revenus annuels diminuer d'un million de marks (ils ne sauraient tomber plus bas d'après les calculs officiels les plus exacts), cette baisse des ressources serait largement compensée, en peu de temps, par l'accroissement progressif des échanges ; en outre la réduction des tarifs profiterait au commerce et serait largement couverte par l'augmentation et l'amélioration des relations ; enfin une diminution, même durable, des revenus de la Poste compterait peu devant les intérêts supérieurs, politiques et économiques, attachés à la constitution d'une Confédération de l'Europe centrale. »

## Rôle de la section des informations dans l'armée allemande.

D'après la *Deutsche Verkehrs Zeitung*, la section des informations est une des nombreuses créations de la guerre mondiale. Composée, à l'origine, de quelques bataillons de télégraphistes constitués en 1899, cette jeune arme est chargée de maintenir des relations rapides et sûres entre les unités de tous les fronts, le commandement et l'intérieur du pays. Elle forme le système nerveux de l'armée, et ses dernières ramifications pénètrent jusque dans les tranchées les plus avancées. Le télégraphe et le téléphone y jouent le principal rôle. Dans les territoires conquis, le réseau tout entier des lignes fixes a été reconstruit, car l'ennemi, en se retirant, les avait détruites. Dans la zone des armées, on amène, dans des tranchées ouvertes ou abritées, des lignes de campagne en câble isolé sur potelets. Leur pose et leur réparation sous le feu exige de la précaution et du courage. Les fronts de montagne présentent des difficultés spéciales. Sur le terrain violemment battu par le feu roulant de l'artillerie ennemie, on remplace le téléphone par la télégraphie sans fil et par des appareils spéciaux n'exigeant pas de conducteurs. Les moyens d'autrefois tels que signaux lumineux, pigeons voyageurs et chiens messagers ont été aussi remis en honneur.

La section des informations avance avec l'infanterie, fait la liaison entre l'artillerie et les postes d'observation et de comman-

Digitized by Google

dement et rend l'unité tactique possible ; seule elle donne aux troupes combattantes le sentiment de la cohésion des efforts.

A la fin de la troisième année de guerre, ce service disposait de 92.000 kilomètres de fils en plein rendement, soit 23 fois la longueur de l'équateur ; il en avait reçu pour le front 2.700.000 kilomètres dont une grande partie avait été maintes fois posée et déposée. Les sections de campagne des états-majors ressemblent aux bureaux télégraphiques de l'intérieur en ce qui concerne les dimensions et l'installation technique. Des postes radiotélégraphiques de tout genre complètent encore le réseau des lignes utilisées par la section des informations, les radiotélégraphistes ont aussi pour mission d'opérer la liaison, avec la terre, des unités de combat aériennes.

La collaboration de ces formations avec l'Administration des Télégraphes a beaucoup contribué aux résultats obtenus.

## Mesures prises, en Allemagne, pour alléger le service télégraphique et téléphonique.

Par un arrêté en date du 18 octobre 1917, le Ministre de la Guerre de Prusse prescrit à tous les lieutenants généraux de restreindre le plus sévèrement possible l'usage, par leur service, du téléphone et du télégraphe. Il s'exprime ainsi : « Pour tous les télégrammes et toutes les communications téléphoniques de service, on doit au préalable s'assurer si on ne pourrait traiter l'affaire par correspondance écrite, rédigée en style télégraphique négligeant tout ce qui n'est pas indispensable à la clarté. L'utilisation des lignes de service pour des conservations privées passant sous le couvert de communications militaires est formellement interdit. Pendant les heures de vacation, il ne doit pas être donné cours, à partir des lignes de service, aux communications privées interurbaines, même contre versement de la taxe. Les officiers de tous grades veilleront à la stricte application de ces prescriptions et sévironi impitoyablement contre toutes les infractions. »

Cet arrêté a été envoyé en même temps aux bureaux de l'ar-

Digitized by Google

mée en campagne et de la marine ainsi qu'aux ministères avec prière de prendre des dispositions analogues.

## Limitations dans la distribution des lettres par exprès et des télégrammes.

La réduction de l'éclairage des voies publiques gêne la distribution des correspondances postales et des télégrammes pendant la nuit; d'autre part, les facteurs reviennent souvent au bureau sans avoir pu délivrer leurs plis parce que les maisons particulières sont fermées de bonne heure. En conséquence, l'Administration allemande a décidé de n'effectuer, en règle générale, la distribution des lettres par exprès et des télégrammes qu'entre sept heures du matin et neuf heures du soir pendant les mois d'hiver dans les localités où les voies publiques sont peu ou point éclairées. Cette mesure est provisoire ; elle n'est prise que pour la durée de la guerre.

## Essais en Allemagne de réutilisation des piles à liquide immobilisé.

Les difficultés d'achat d'éléments neufs sont devenues considérables et il faut compter qu'elles iront en croissant. Le procédé suivant a été employé avec un certain succès pour tirer parti des piles usagées : on démonte la pile, on dégage avec un long couteau plat la feuille de zinc de l'électrode positive et l'on nettoie soigneusement ces deux constituants.

Les feuilles de zinc sont généralement perforées, mais encore utilisables en bouchant les trous. L'électrode positive, après exposition au soleil, est replacée dans le récipient de zinc préparé, l'élément est rempli d'eau pure et placé aux bornes d'une batterie de 24 volts qui lui fournit environ 4 ampères-heures. Pendant cette opération les sels qui, lors du nettoyage mécanique, étaient encore demeurés adhérents, sont décomposés au point de s'enlever facilement. On vide alors l'élément et on le remplit ensuite d'une pâte électrolytique, provenant en grande

Digitized by Google

partie de l'ancienne pâte électrolytique diluée et additionnée d'un peu de sel ammoniac.

Le procédé indiqué s'applique à de nombreux modèles d'éléments. Du reste, les tentatives de reconstitution ne sont pas considérées comme terminées. L'on estime qu'une meilleure régénération du dépolarisant serait possible par un procédé chimique, par exemple en remplissant le sac des piles d'une certaine quantité d'eau oxygénée.

## Indemnités de guerre en Allemagne (1).

*Enfants.* — Sont considérés comme étant à la charge du fonctionnaire ou agent, jusqu'à leur seizième année, les enfants légitimes, légitimés ou adoptifs, les enfants que l'un des conjoints a eus d'un précédent mariage, les pupilles, à la condition que leur entretien soit assuré entièrement ou que la pension alimentaire versée pour eux soit insignifiante.

Les enfants de ces diverses catégories auxquels l'employé doit subvenir parce qu'ils se trouvent encore dans les établissements d'instruction, font l'apprentissage d'une carrière ou sont dans l'impossibilité de gagner leur vie pour toute autre raison sérieuse, telle que leur état de santé ou celui de leurs parents, donnent droit, *quel que soit leur âge*, aux suppléments et indemnités de tout ordre prévus par les règlements.

On ne considère pas comme faisant l'apprentissage d'une carrière les enfants, au-dessus de seize ans, occupés à la maison pour s'initier à la pratique ménagère. Par suite, la fille qui tient le ménage de son père ou de sa mère, employés de l'État, veufs, séparés de corps, divorcés, etc., ne peut, de ce fait, si elle a dépassé la seizième année, être considérée comme étant à leur charge.

En règle générale, on ne doit pas tenir compte des enfants appelés sous les drapeaux, parce qu'ils reçoivent une solde, un uniforme et qu'ils sont défrayés de tout. Ils ne peuvent être consi-

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, juin 1917, p. 285.

Digitized by Google

dérés comme entretenus par leurs parents. Toutefois, et à titre exceptionnel, on admet que les parents continuent à assister leurs enfants mobilisés et que ceux-ci sont à leur charge quand ces enfants leur occasionnent régulièrement de grosses dépenses, par exemple s'ils sont prisonniers dans des conditions particulièrement pénibles, s'ils sont aspirants-officiers, porte-enseignes, etc.

En général, on estime comme contribution insignifiante aux frais d'entretien des enfants, les sommes qu'ils peuvent rapporter, soit par leur travail, soit par la pension alimentaire versée pour eux, lorsque ces sommes n'excèdent pas 37 fr. 50 par mois.

Cette réglementation, au sujet des enfants, manque de précision, et les deux objections suivantes sont fréquemment soulevées :

1° Les enfants qui sont logés et nourris par les patrons, bien que ne rapportant rien à leurs parents, doivent-ils être encore considérés comme une charge? On cite le cas des jeunes filles travaillant au pair dans les établissements de la Croix-Rouge et recevant en outre quelque argent de poche.

2° Il est souvent difficile de décider si une fille qui assiste sa mère dans les travaux du ménage est ou non à la charge de ses parents. Le receveur des Postes ne peut pas toujours acquérir la ferme conviction que la présence de tel enfant à la maison est indispensable vu la santé de sa mère et que, par suite, il lui est impossible d'apprendre ou d'exercer une profession quelconque.

*Employés célibataires.* — Les employés célibataires, hommes ou femmes, qui, en vertu d'une obligation, soit légale soit morale, assurent la subsistance et l'entretien de membres de leur famille vivant avec eux, sont assimilés aux employés mariés sans enfants. Le degré de parenté donnant droit à cette assimilation est défini par les lois et décrets relatifs aux allocations aux familles des mobilisés. Le bénéfice conféré par cette assimilation est maintenu lorsque les parents assistés par l'agent, bien que possédant un petit revenu personnel, sont néanmoins en majeure partie à sa charge. Lorsque plusieurs employés célibataires entretiennent à frais communs des membres de leur famille

Digitized by Google

vivant à leur foyer, les indemnités et suppléments de traitement ne sont accordés qu'à l'un d'eux au taux fixé pour les employés mariés sans enfants. Les autres touchent les allocations prévues pour les célibataires.

*Employés veufs et divorcés.* — S'ils ont des enfants à leur charge, ils sont assimilés aux employés mariés ayant le même nombre d'enfants. S'ils n'ont pas d'enfants à leur charge, ils sont traités comme des employés mariés sans enfants ou comme des célibataires, selon qu'ils ont ou non gardé leur train de ménage.

*Dames employées.* — Seules les femmes veuves, divorcées ou séparées de corps ayant des enfants à leur charge sont considérées comme si elles étaient mariées et touchent autant qu'une employée mariée avec la même situation de famille; les autres sont traitées comme les célibataires.

Par conséquent, le taux des diverses indemnités servies aux célibataires est applicable aux dames employées mariées bien qu'elles aient des enfants à leur charge et aux veuves n'ayant ni enfants ni parents à leur charge même si les unes et les autres ont un train de ménage.

Les dames employées dont les conjoints perçoivent déjà des indemnités et des suppléments de traitement en leur qualité de fonctionnaires d'une administration de l'Empire ou d'un État confédéré ne peuvent prétendre à aucune de ces indemnités du fait de leur situation administrative personnelle.

*Rémunération servant de base à l'attribution des indemnités et des suppléments de traitement.*

Entrent en compte, pour la détermination du revenu annuel des fonctionnaires et agents, les traitements, rétributions, hautes payes soumises à retenue pour pensions civiles et attribuées, soit à titre personnel, soit d'après la résidence, l'emploi ou la fonction. On ne fait pas figurer dans le calcul de la rémunération les indemnités de séjour, les frais de représentation et de régie, les indemnités de caisse, ou de travaux extraordinaires, et les frais de mission alloués aux agents de l'intérieur momentanément occupés hors de leur résidence.

Les retraites et pensions militaires sont comptées dans le

Digitized by Google

revenu mais on en déduit les majorations de pension attribuées aux mutilés de la guerre et aux soldats ayant fait campagne aux colonies.

Les indemnités de guerre (secours, allocations, suppléments de traitement, etc.) sont payables aux mêmes termes et de la même façon que les traitements ; elles ne constituent pas un droit ; elles sont accordées à titre révocable ; elles ne sont pas saisissables ; elles ne sont pas réduites dans le cas d'une suspension provisoire de fonctions. L'agent momentanément destitué avec traitement diminué est rangé, au point de vue de l'attribution de ces indemnités, dans la catégorie où le place le montant total de sa rémunération ordinaire.

*Changement de situation.* — Les modifications de nature à augmenter le taux des indemnités de guerre ont leur effet à partir du premier jour du mois où elles se produisent. Telles sont le mariage de l'employé, son passage dans les cadres permanents de l'Administration (par exemple, lorsque d'aide il devient commis), l'augmentation du nombre des enfants à la charge, l'obligation d'assistance à un membre de la famille, la démobilisation, à moins que la solde militaire n'ait été perçue pour tout le mois où a eu lieu la libération. Lorsqu'un employé est appelé sous les drapeaux, le montant total des indemnités de guerre lui est servi pour le mois pendant lequel il a été convoqué.

Si un événement de nature à diminuer ou à supprimer les allocations (par exemple, la mort de l'employé, la diminution du nombre des enfants à la charge, etc.), se produit pendant la période pour laquelle le paiement a lieu, il n'en est pas tenu compte à moins que les émoluments payés ne soient l'objet d'une réclamation. Le mandatement des trimestres de retraites s'effectue sans estimation des indemnités de guerre servies.

En cas de non paiement du traitement (par exemple en cas de maladie des dames employées non commissionnées, de congé de longue durée, etc.), les indemnités de guerre sont également supprimées à partir du jour où le traitement a cessé d'être servi.

*Nouvelles catégories de personnel bénéficiant des récentes mesures.* — Les suppléments de traitement et les indemnités de

Digitized by Google

guerre sont accordés en outre aux catégories suivantes : 1° Agents et sous-agents retraités ayant repris du service comme auxiliaires ou suppléants ; 2° Architectes et agents techniques dont la rétribution n'est pas en rapport avec la cherté actuelle de la vie ; 3° Postulantes. Dames employées des bureaux de troisième classe. Vendeuses de timbres-poste. — Les employés du second groupe reçoivent un supplément de rétribution de 75 francs s'ils sont mariés, et de 31 fr. 25 s'ils sont célibataires ; ceux du troisième groupe reçoivent respectivement 56 fr. 25 et 31 fr. 25.

*Dispositions spéciales.* — Les gérants de bureaux de poste sont l'objet d'une mesure particulière. L'Administration leur accorde, en outre de l'indemnité de guerre, un supplément temporaire de rétribution égal aux 30 % de leur rétribution totale.

Les salaires des ouvriers auxiliaires temporaires sont de même augmentés de façon à être en rapport avec les salaires payés dans chaque localité aux ouvriers de même catégorie.

Le personnel mobilisé continue à toucher des allocations dont le taux sera révisé.

*Retraités, veuves et orphelins.* — Les Directions supérieures des Postes sont autorisées, pour la durée de la guerre, à accorder des indemnités permanentes aux agents retraités ainsi qu'aux veuves et aux orphelins d'agents se trouvant dans la gêne. Ces indemnités sont fixées d'après la situation des intéressés, en tenant compte des revenus qu'ils tirent d'une occupation lucrative. En principe, les retraités, les veuves et les orphelins de père et de mère, sans autre ressource que la pension ou un secours régulier tel qu'une bourse, pourront recevoir une somme égale à 30 % du total de l'indemnité de guerre et de l'indemnité de cherté de vie allouées aux agents du cadre actif d'après la réglementation en vigueur. En ce qui concerne les agents retraités, on détermine l'indemnité à leur allouer en prenant pour base le dernier traitement qu'ils ont perçu et qui a servi à fixer le montant de leur retraite. Les orphelins de père et de mère sont assimilés aux veuves quant au taux de l'indemnité : un orphelin seul touche autant qu'une veuve sans enfants, plusieurs orphelins touchent autant qu'une veuve ayant des enfants à sa charge.

Digitized by Google

Le taux de 30 °/₀ est dépassé dans des cas particulièrement intéressants, par exemple lorsqu'il s'agit de retraités, de veuves et d'orphelins n'ayant pas bénéficié des mesures bienfaisantes des lois d'assistance de 1907 et de réforme des traitements de 1909.

Sont exclus du bénéfice de la mesure les retraités, les veuves et les orphelins qui sont employés dans un service de l'État en qualité d'auxiliaires et de suppléants et reçoivent déjà de ce fait les indemnités permanentes de guerre et de cherté de vie, ainsi que les enfants entretenus gratuitement dans un orphelinat ou pupilles d'un agent ou d'un ouvrier, lesquels touchent, en conséquence, les deux indemnités en question.

Lors de la concession des indemnités permanentes de guerre à ces nouvelles catégories de bénéficiaires, on leur déduit le montant des secours extraordinaires alloués au cours de l'exercice 1917.

Ces indemnités s'appliquent aux mêmes périodes et sont payées aux mêmes époques que les retraites et les pensions des veuves et des orphelins. Le droit court à partir du 1er juillet 1917.

Les exemples ci-dessous montrent comment elles doivent être calculées :

1° Une veuve de facteur, sans enfant à sa charge, ayant ou non un train de ménage, reçoit 202 fr. 50 par an, soit 30 °/₀ des indemnités de guerre et de cherté de vie de son mari défunt qui s'élèveraient à 675 francs (soit 18 fr. 75 d'indemnité de guerre et 37 fr. 50 de cherté de vie par mois).

2° La veuve d'un commis dont la rémunération n'excédait pas 2.875 francs, avec un enfant à sa charge, touche 30 °/₀ des deux indemnités mensuelles (33 fr. 75 et 61 fr. 87) qu'aurait perçues son mari, c'est-à-dire $\frac{95 \text{ fr. } 62 \times 12 \times 30}{100} = 343$ fr. 75 ou, en arrondissant la somme, 345 francs par an (1).

(1) Le montant annuel de l'indemnité est arrondi de façon à donner un nombre entier de marks divisible par 3. Ainsi 275 marks 40 pfennigs ou 343 fr. 75 sont poussés à 276 marks ou 345 francs.



Digitized by Google

3° Les trois orphelins de père et de mère d'un secrétaire supérieur reçoivent les 30 °/₀ des deux indemnités qui seraient allouées à une veuve avec deux enfants (43 fr. 75 et 67 fr. 50 mensuellement), c'est-à-dire au total $\frac{111 \text{ fr. } 25 \times 32 \times 30)}{100} = 400 \text{ fr. } 50$ ou plutôt 401 fr. 25 par an.

Comme l'attention des intéressés doit être appelée et qu'une déclaration de leur situation est presque toujours indispensable (en effet on ne connaît leur position que s'ils ont déjà formulé des demandes de secours), les bureaux payeurs (Caisses principales et Bureaux centraux de poste) adressent aux retraités et autres ayants droit des formules imprimées d'un modèle spécial qui peuvent également tenir lieu de demandes.

*Suppléments temporaires de traitements accordés en Allemagne.* — Indépendamment de l'indemnité permanente de guerre, il est alloué, depuis le 1er juillet 1917, à tous les employés et salariés de l'État en Allemagne, commissionnés ou non, des suppléments temporaires de traitement ou de salaire dans les conditions suivantes :

La rémunération annuelle maxima, à partir de laquelle cesse le droit au bénéfice de la mesure, est fixée à 7.500 francs pour les employés célibataires et à 16.250 francs pour les employés mariés ; le montant des indemnités de frais de séjour n'entre pas en compte pour la détermination de ces maxima.

Les suppléments temporaires de traitement s'élèvent par an uniformément à 375 francs pour les célibataires ; à 450, 675, 900 ou 1.125 francs pour les employés mariés, suivant la catégorie dans laquelle est classée leur résidence ; ils sont majorés de 10 °/₀ par enfant. Ainsi un employé ayant trois enfants et touchant déjà 900 francs d'après le lieu de sa résidence reçoit une majoration de $3 \times 90 = 270$ francs qui porte ainsi à 1.170 francs le total de son supplément de traitement.

Ces indemnités sont payables par mois et à terme échu, avec effet rétroactif.

Les employés non commissionnés sont assimilés, en ce qui concerne les suppléments de traitement, aux employés commis-

Digitized by Google

sionnés qu'ils remplacent ou dont ils remplissent les fonctions. Les salariés des catégories supérieures reçoivent une indemnité en rapport avec la nature des services rendus.

Sont considérés comme étant à la charge de l'employé les enfants, quel que soit leur âge, qui se trouvent encore dans les établissements d'instruction ou dans les écoles professionnelles, ainsi que ceux qui, pour cause de maladie ou pour toute autre raison, sont encore inaptes à gagner leur vie.

Cette mesure a suggéré à un journal professionnel les réflexions suivantes :

« L'État commence à comprendre qu'il ne doit plus remédier par de simples palliatifs à la situation de ses employés. Les ouvriers, les artisans, les industriels, les rentiers ont pu équilibrer au moins leurs dépenses accrues et leurs revenus, tandis que les fonctionnaires, n'ayant obtenu aucune amélioration appréciable de leurs traitements en regard du coût désordonné de la vie, sont hors d'état de le faire. Cette amélioration est un premier pas dans la voie des mesures qui empêcheront les fonctionnaires de descendre tout à fait au niveau des dernières classes de la population.

« Ces allocations arrivent un peu tard, car un très grand nombre d'employés ont mangé leurs économies et même contracté des dettes pour des dépenses de première nécessité. Il serait à désirer qu'elles soient plus élevées afin de leur permettre de se libérer de tous leurs engagements, ou que, si leur taux doit être maintenu, le gouvernement fasse voter les crédits nécessaires pour accorder au personnel de ses administrations une indemnité qui, versée en une fois, lui permette de remettre enfin de l'ordre dans la conduite de ses affaires. »

Digitized by Google

# COMPTE RENDU DES PERIODIQUES

Revues françaises, par M. TAFFIN, Inspecteur à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. — Revues étrangères, par MM. DROUET et VIARD, Ingénieurs à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.

## PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

**Théorie et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb** (*Journal de physique*, tome V, mai-juin 1916). — La matière positive active de l'accumulateur au plomb est un oxyde renfermant plus d'oxygène que $PbO^2$. Des expériences faites, il résulte aussi que ce péroxyde est extrêmement instable, ce qui peut faire craindre que, pendant la dessiccation qui précède son analyse, il ait déjà perdu spontanément une certaine quantité d'oxygène. Une analyse minutieuse a permis de constater que l'oxyde électrolytique est encore plus oxygéné que $Pb^2O^5$, puisqu'il suffit de 7 gr. 86 de ce composé pour fournir 1 ampère-heure ; 416 grammes seraient suffisants pour libérer 16 d'oxygène, de sorte que si on pose :

$$Pb^nO^{2n+1} = nPbO^2 + O = 416,$$

on peut en tirer $n = 1{,}57$, ce qui conduirait à la formule $Pb^5O^{13}$, soit 4 °/₀ d'oxygène en plus que dans $Pb^2O^5$. La présence des composés très oxydants formés normalement en fin de charge dans la positive : acide persulfurique, eau oxygénée et ozone, est de nature à faire attribuer au peroxyde électrolytique une capacité d'oxydation plus grande que celle qu'il possède en réalité.

Il est donc bien probable qu'au début de la décharge tout au moins, la dépolarisation de la positive est bien due à $Pb^2O^5$, ainsi que Drzewiecki l'a avancé dès 1889.

Aucun doute ne plane sur le fonctionnement de la plaque néga-

Digitized by Google

tive pendant la décharge ; il est dû à la sulfatation pure et simple du métal très divisé qu'elle contient ; en ce qui concerne la plaque positive, il résulte de divers essais que le peroxyde électrolytique est très voisin de la constitution $Pb^2 O^5$ ; ce peroxyde est-il anhydre ou hydraté? il est impossible de répondre à cette question, vu l'instabilité de ce corps qu'on ne peut dessécher complètement sans le décomposer.

D'après ce qui précède, le fonctionnement électrique de l'accumulateur est le suivant : Chargé, l'élément ne contient dans ses grilles que des matières possédant une haute conductibilité électrique : Pb métallique à la négative, peroxyde à la positive.

Il est donc bien probable que, pendant la décharge, la sulfatation de la négative se fait de l'extérieur vers le centre.

Il doit en être de même à la positive, en ce qui concerne la réduction du peroxyde, qui donne aussi naissance à un corps moins conducteur, le bioxyde de plomb.

Il est facile d'ailleurs de constater que, dès le début de la décharge, la teinte des plaques varie, ce qui met en évidence le jeu des couches superficielles.

Déchargé, au contraire, l'élément ne contient plus que des matières isolantes comme $SO^4 Pb$ à la négative, ou peu conductrices comme $PbO^2$ à la positive.

On sait même que, si la sulfatation de la négative était complète, il deviendrait pratiquement presque impossible de réduire ce sel isolant.

L'expérience faite sur une petite négative montre qu'il faut 9 gr. 9 de plomb pour produire l'ampère-heure, au lieu de 3 gr. 84 indiqués par la théorie.

Il n'y a donc qu'un tiers environ de la matière active négative qui entre en réaction dans la décharge normale ; ce sont vraisemblablement les filaments les plus ténus de plomb qui se sulfatent ; les plus gros, attaqués seulement à la surface, continuent à leur servir de support et à amener le courant à la charge suivante.

Pendant cette charge, il est donc vraisemblable d'admettre que les choses se passent dans le sens inverse de ce qui s'est produit pendant la décharge :

Digitized by Google

Ce sera au contact de la grille même, amenant le courant, que la réduction commencera ; elle se propagera ensuite régulièrement jusqu'à la périphérie.

Il en sera de même à la positive, où le peroxyde prendra naissance d'abord contre la grille, l'oxydation se propageant ensuite vers les parties extérieures et jusqu'à la surface (1).

Ce n'est en effet que tout à fait en fin de charge que la positive prend sa teinte noire caractéristique de $Pb^2 O^5$.

La propagation de cette oxydation est aussi facilitée par le foisonnement de la masse positive, qui amène et comprime la matière oxydée et conductrice contre la matière déchargée qui l'est moins.

Ces efforts dus au foisonnement peuvent être très considérables ; ils amènent souvent le gauchissement des plaques positives et quelquefois même la rupture des alvéoles.

Tel est le mécanisme du fonctionnement chimique et électrique de l'accumulateur au plomb.

## PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

**Amplificateur électrostatique pour la réception des ondes hertziennes** (*Wireless World*, octobre 1917). — Le système décrit ci-dessous fait l'objet du brevet américain n° 1.179.906 pris par Fessenden en 1916. Il semble réunir deux avantages jusqu'alors exclusifs l'un de l'autre : sensibilité et robustesse. La figure ci-contre donne le schéma de cet appareil. Il est basé sur la combinaison d'un téléphone électrostatique et d'un microphone à charbon qui joue le rôle d'amplificateur.

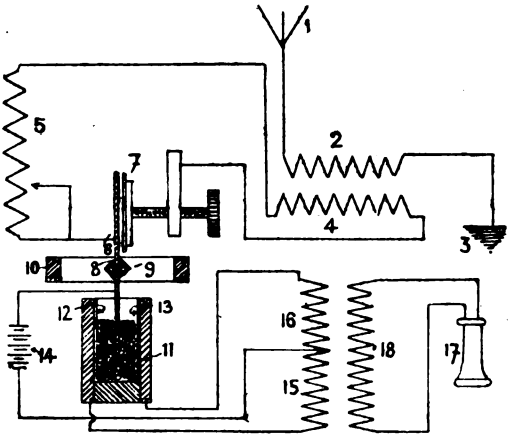
L'antenne 1 se relie à la terre par l'intermédiaire de la self primaire réglable 2, couplée avec la self secondaire 4. Celle-ci est

(1) Quand on transforme, en peroxyde, du minium tassé dans un vase poreux autour d'une lame de plomb, on voit très nettement la transformation de cet oxyde rouge en un corps d'un beau noir se faire autour de l'électrode et progresser en se ramifiant vers l'extérieur. C'est sur le corps noir formé, bon conducteur comme nous l'avons dit, qu'on voit se dégager l'oxygène.

L'expérience se termine invariablement par le bris du vase poreux, par suite du foisonnement de la matière.

Digitized by Google

montée en série avec une autre bobine réglable 5 et le condensateur secondaire constitué par le téléphone électrostatique 6-7. Cet organe se compose d'une armature mobile ou diaphragme 6 en métal




mince très voisine de l'armature fixe 7, mais ne touchant pas celle-ci. L'armature mobile est fixée sur un levier vertical porté lui-même par deux fils visibles en coupe aux points 8 et 9, tendus horizontalement sur le cadre 10. L'extrémité inférieure du levier vertical plonge dans le carbone granulé du microphone différentiel 11. Une cellule de résistance variable est ainsi disposée entre les deux surfaces conductrices 12 et 13 : la tige médiane est connectée à l'un des pôles d'une batterie dont l'autre pôle aboutit au milieu de l'enroulement primaire 15-16 d'un transformateur téléphonique en série lui-même avec l'ensemble de la cellule. L'écouteur téléphonique 17 est monté sur le secondaire du transformateur.

Pour la réception des signaux, la tension des fils supportant le diaphragme est d'abord réglée de telle sorte que la période de vibration de la plaque concorde avec la fréquence d'étincelles de l'émission à recevoir. Les courants induits dans l'antenne par les ondes incidentes produisent une différence de potentiel entre les armatures 6 et 7 et par suite, quel que soit leur sens, une attraction entre celles-ci. Il en résulte un mouvement du levier qui se rapproche de la surface 12 et s'éloigne de 13. Il se produit de ce fait des va-

Digitized by Google

riations en sens inverse du courant dans les deux enroulements 15 et 16. Ces derniers sont montés de manière que les courants induits dans le secondaire s'ajoutent . d'où résulte à chaque étincelle une vibration du téléphone.

Ce dispositif assure une double sélection des signaux basée d'une part sur la longueur d'onde et d'autre part sur la fréquence d'étincelles.

Le même appareil peut être employé pour la réception hétérodyne ; il suffit qu'une source locale d'oscillations agissant sur l'antenne produise des battements avec les ondes incidentes ; la tension des fils 8 et 9 est alors réglée sur la périodicité des battements. Cette dernière méthode augmente encore notablement la sensibilité de l'appareil.

**Troubles télégraphiques causés par le chemin de fer électrique du Lötschberg** (*Electrician*, octobre 1917). — Depuis la mise en service du chemin de fer électrique du Lötschberg, toutes les lignes télégraphiques longeant les voies ferrées qui aboutissent à Brig furent affectées de troubles si graves que les communications devinrent par moment impossibles. Tous ces circuits sont en fil unique avec retour par la terre. Une première tentative fut faite pour éliminer les troubles en reportant à Fiesch, ville plus éloignée de la canalisation perturbatrice, la prise de terre du poste de Brig. Le résultat fut sensiblement nul, il était toujours impossible de transmettre une dépêche aux heures où quelque train gravissait la rampe de Brig à Hothen, s'élevant de 400 mètres sur une distance d'environ 18 kilomètres.

Pour déterminer la nature exacte des troubles, en discerner les causes et chercher les moyens de les prévenir, on appliqua l'oscillographe à l'étude des courants parasites transportés par les fils télégraphiques. On put ainsi mettre en lumière les particularités suivantes :

1° La fréquence fondamentale des courants parasites fut trouvée parfaitement identique à celle du courant d'alimentation du chemin de fer électrique qui est de 15 périodes par seconde ; il ne subsiste

Digitized by Google

donc pas un doute sur l'origine des troubles. On releva la présence d'une harmonique de rang 40 présentant un rapport de phase constant avec l'oscillation fondamentale, donc provenant de la même source que ce dernier.

2° En dehors des phénomènes d'induction électromagnétique, on a constaté l'existence de courants dus à des différences de potentiel entre les prises de terre. L'importance des effets de ce genre n'atteint que le 1/5 ou le 1/6 de celle des troubles inductifs. Les deux sortes de courants se distinguent l'un de l'autre par leur différence de phase qui ressort nettement des oscillogrammes comparés pris sur deux lignes Brig-Sion et Brig-Blitzingen, dont la première sensiblement parallèle à la canalisation d'énergie se trouve particulièrement soumise à l'induction électromagnétique, tandis que la deuxième en est pratiquement exempte. La faible importance relative des courants d'origine terrestre rend négligeable leur part d'influence dans les troubles, il suffisait de corriger les effets de l'induction.

Comme suite à ces expériences, la prise de terre de Brig, point extrême vers l'est de la région soumise à l'induction électromagnétique, fut reportée à Visp, puis à Gampel, stations de plus en plus éloignées vers l'Ouest. Le fil de terre ainsi tendu parallèlement aux circuits influencés compense d'une manière effective les actions perturbatrices. Les courants induits furent réduits de 50 % dans le premier cas et de 85 % dans le deuxième. On a décidé de prolonger encore le fil de terre jusqu'à Turtmann où l'induction devient pratiquement négligeable. Cette mesure semble devoir éliminer complètement les troubles.

**La Téléphonie automatique dans les petits réseaux** (*Automatic Telephone* (Chicago), novembre 1917). — Bien que l'automatique se soit surtout développé dans de grandes cités populeuses, il existe en divers points des États-Unis de petites agglomérations bénéficiant de cette méthode. Les régions situées aux alentours d'un central automatique d'une certaine importance ont également apprécié la supériorité de la commutation mécanique, en particulier grâce à

Digitized by Google

l'emploi, sur des lignes interurbaines, de connecteurs à cadran qui donnent directement l'abonné demandé, une fois effectuées les connexions intermédiaires.

Entre autres avantages, l'automatique assure le service de nuit dans les bureaux les plus modestes. Or l'importance de ce dernier ne se mesure pas au nombre des appels. Ceux-ci résultant le plus souvent de nécessités urgentes, il est très intéressant de pouvoir leur donner satisfaction le plus vite et le mieux possible. Ce n'est pas toujours le cas lorsque la sonnerie vient tirer du lit l'opérateur en plein sommeil.

Pour faciliter l'extension du service automatique dans les bureaux de faible importance, l'*Automatic Electric Company* vient d'étudier certains modes d'équipement, appropriés aux exigences des réseaux de campagne ou de petites villes.

Trois cas intéressants peuvent se présenter: celui relativement très rare d'un bureau complètement isolé; le montage est alors très simple en l'absence de tout trafic extérieur. Les autres cas sont les suivants : bureaux échelonnés sur une ligne ; bureaux satellites rayonnant autour d'un centre.

*Bureaux échelonnés.* — Cette disposition se rencontre dans des régions nouvellement défrichées où les établissements habités s'égrènent à de larges intervalles le long des voies ferrées. En pareil cas, chaque agglomération peut être munie d'un petit meuble automatique desservant à la fois les lignes individuelles des abonnés urbains et les circuits de postes ruraux groupés.

Un commutateur interurbain complètement indépendant du meuble local peut être installé dans le lieu le plus propice à sa bonne exploitation. L'agent préposé à ce dernier travail peut être chargé du service des renseignements, des réclamations, etc.

*Centralisation du service interurbain.* — Soient cinq bureaux : A, B, C, D, E, échelonnés le long d'une ligne de chemin de fer, il peut être avantageux de confier le soin des liaisons interurbaines exclusivement à l'un d'entre eux, le bureau C par exemple. Un dispositif automatique rendra l'opérateur de ce dernier capable d'exécuter les connexions entre deux points quelconques de la ligne et d'exercer la supervision du trafic.

Digitized by Google

On pourra simplifier la réalisation de ce système par l'emploi de deux lignes interurbaines établies le long du chemin de fer, l'une d'elles étant réservée aux communications de service, l'autre pouvant être demandée par l'un quelconque des abonnés pour appeler l'opérateur du bureau C. On fait disparaître ainsi la nécessité d'une intervention manuelle dans tous les petits bureaux, sauf un seul.

L'entretien d'un tel groupe de bureaux peut être assuré par un seul agent, choisi pour sa compétence, qui visitera successivement les installations de son ressort en se déplaçant par automobile ou chemin de fer. Une méthode d'entretien bien étudiée se condense dans un règlement qui facilite beaucoup la tâche de cet employé en réduisant à très peu de chose l'intervention de son initiative personnelle. L'état normal de chaque pièce et les soins nécessaires pour réaliser cet état normal sont fixés dans un tableau précis. La fréquence des visites et des opérations d'entretien fait également l'objet d'une nomenclature définie. Ces derniers documents sont fournis à toutes les compagnies exploitantes.

La charge des batteries d'accumulateurs peut ne pas exiger la présence du préposé à l'entretien. Si la localité possède un réseau d'énergie, cette charge peut être complètement automatique. Dans le cas contraire, on utilise un groupe électrogène qui peut être mis en marche sans l'intervention d'un spécialiste ; la régulation du courant de charge et l'arrêt du moteur sont entièrement automatiques. Dans ses visites, l'employé se contentera d'entretenir en bon état les éléments de la batterie.

*Réseau téléphonique à liaison rayonnée.* — Un tel réseau se compose d'un bureau central connecté par des lignes interurbaines à des bureaux secondaires automatiques distribués en étoile autour de lui. Ce bureau central (qui peut être automatique ou manuel) règle les communications interurbaines entre les éléments du réseau.

Beaucoup de petits bureaux sont encore exploités manuellement parce que la présence d'un opérateur est nécessaire pour les connexions interurbaines, ce dernier trafic étant assez restreint, le même agent peut aussi desservir les communications locales.

Une méthode de centralisation basée sur le même principe que

Digitized by Google

celle indiquée pour les bureaux échelonnés permettra de supprimer cet opérateur dans chacun des bureaux secondaires, toutes les opérations locales étant assurées par un commutateur mécanique.

La surveillance et l'entretien de tout ce matériel seront également assurés par les visites d'un seul agent technique attaché au bureau central.

**Récents progrès en téléphonie** (*Telephony*, décembre 1917). 1° *Ecoute automatique* recevant l'appel d'un abonné. — L'opératrice enfonce une des fiches d'un dicorde dans le jack local de l'abonné demandeur et, grâce au jeu d'un électro-aimant spécial, son poste d'opératrice se trouve raccordé à cet abonné demandeur sans qu'elle ait besoin d'abaisser une clé d'écoute. Lorsqu'elle enfonce l'autre fiche du dicorde dans le jack général de l'abonné demandé, l'électro-aimant spécial cesse d'être excité et la communication entre la téléphoniste et l'abonné demandeur est coupée.

2° *Appel automatique de l'abonné demandé.* — L'opératrice enfonce sa fiche dans le jack de l'abonné demandé et elle appuie sur un bouton d'appel. Elle n'a plus à intervenir, car, à partir de ce moment, un courant d'appel est lancé sur la ligne de l'abonné demandé jusqu'à ce que cet abonné décroche son récepteur.

3° *Rappel intermittent de l'opératrice* par un abonné désirant une deuxième communication immédiatement après l'achèvement de la première.

L'abonné, ayant raccroché son récepteur après avoir terminé la première communication, a allumé sa lampe de supervision qui brille d'un éclat constant; s'il décroche à nouveau son récepteur, par le jeu d'un électro-aimant spécial du dicorde, une pile est raccordée d'une façon intermittente à cette lampe de supervision dont l'éclat varie d'une façon régulière jusqu'à ce que la téléphoniste réponde en abaissant sa clé d'écoute.

Ce signal de rappel, très régulier et permanent, ne manque pas d'attirer l'attention de la téléphoniste qui est ainsi prévenue, sans aucun doute possible, qu'on la rappelle. Lorsque les variations de la

Digitized by Google

lampe de supervision sont dues à ce que l'abonné manœuvre le crochet de son récepteur téléphonique, ou bien cette manœuvre est trop rapide et la lampe de supervision ne varie pas d'une façon nette et régulière, ou bien elle est de trop courte durée et la lampe risque de ne varier que pendant un instant où l'attention de la téléphoniste est fixée sur un autre endroit du tableau. Dans ce dernier cas, lorsque la téléphoniste aperçoit la lampe de supervision, celle-ci brille avec un éclat constant, ce qui n'est pas un signal de rappel, mais un signal de fin de conversation ; aussi arrive-t-il que la téléphoniste coupe la communication sans se douter qu'un des abonnés raccordés l'a rappelée.

4° *Appels sélectifs sur les lignes partagées.*— Appels harmoniques engendrés par des alternateurs ou par des vibrateurs à fréquences différentes.

Digitized by Google

# INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

**Un Ingénieur des Télégraphes, représentant de l'Alsace à l'Assemblée Nationale de Bordeaux.** — La noble figure de Jules Grósjean, *ancien Ingénieur des Télégraphes*, Député du Haut-Rhin, qui donna lecture de l'émouvant adieu des représentants de l'Alsace et de la Lorraine à l'Assemblée Nationale, est évoquée par M. Viénot dans *La Revue* du 1er mars 1918. Ce porte-parole des provinces sacrifiées fut un grand citoyen, un de ces hommes qu'on doit honorer pour leur vertu et qu'il faut citer en exemple aux générations. Né à Paris, en 1830, il avait fait ses études au Lycée de Strasbourg. Sorti de l'Ecole Polytechnique en 1851, dans l'Administration des Télégraphes, il fut envoyé en Algérie comme Ingénieur des Télégraphes, puis chargé d'établir en Turquie et dans les provinces danubiennes le premier réseau de télégraphie électrique. Il prit part aux guerres de Crimée et d'Italie. En 1855, il fut chargé du Service télégraphique de Paris et de la Seine, mais les abus du régime impérial l'écœuraient ; il démissionna pour entrer dans l'industrie et se fixa en Alsace. Ce fut à Guebwiller que le surprit la guerre de 1870. Le préfet du Haut-Rhin ayant abandonné son poste de Colmar, le gouvernement de la Défense nationale écrivit à Grosjean : « Le Gouvernement vous a appelé à la préfecture du Haut-Rhin ; c'est un poste de combat. Il compte que vous l'accepterez. » Jules Grosjean n'hésita pas un instant, il accepta, et quand, devant la marche de l'ennemi, il dut quitter Colmar, il s'enferma à Belfort avec le Colonel Denfert, prenant largement sa part dans la défense de l'héroïque cité.

Jules Grosjean se fixa, après l'annexion, tout près des Vosges, à Montbéliard, où il se bâtit une maison qu'il baptisa d'un nom symbolique : « Fleurs d'épines ». C'est là qu'il mourut en 1901, inconsolable jusqu'au bout de la mutilation subie par sa patrie.

Digitized by Google

Cela vaut d'être rappelé à l'heure où la France affirme sa volonté inébranlable de faire rentrer l'Alsace-Lorraine dans cette « famille commune » qui était pour Grosjean toute la patrie.

**William Duddell.** — Le savant électricien anglais William Duddel est décédé le 3 novembre 1917, à peine âgé de 45 ans. Il était membre de la *Royal Society* et président de l'*Institution of Electrical Engineers*. Son nom restera attaché à la découverte de l'*arc chantant* et à d'autres nombreux travaux dans le domaine de la Télégraphie sans fil où il fit, le premier, des montages à couplage variable. Duddell s'occupa, avec un brillant succès, des instruments de précision destinés à la mesure des courants oscillants ou des courants alternatifs de très faible intensité (courants téléphoniques). Les appareils qu'il imagina pour effectuer ces mesures sont entrés dans la pratique courante.

Il parlait la langue française avec beaucoup de facilité et était très apprécié dans nos milieux scientifiques. Il présenta lui-même à la Société française de physique son *thermogalvanomètre*, et l'on cite ce détail curieux, qui montre bien la valeur de l'appareil : le son des applaudissements, dont sa conférence fut saluée, engendra dans l'appareil un courant qui chassa brusquement le spot lumineux hors de l'échelle.

Duddell a fait deux conférences à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, le 24 janvier 1906 sur la mesure des courants alternatifs de faible intensité et de haute fréquence et, le 20 avril 1914, sur les idées les plus récentes sur la Télégraphie sans fil à grande distance.

**Police navale contre la T. S. F.** — Il existe, aux États-Unis, un très grand nombre de sans filistes amateurs, très jeunes pour la plupart et fort insouciants de la gêne que leur passe-temps apporte aux communications plus sérieuses. Pour surveiller ces « brouillons » et les réduire au silence, il a fallu que la police arme un navire pourvu d'appareils spéciaux capables de repérer la position des postes d'émission clandestins.

Digitized by Google

Des moyens analogues sont actuellement mis en œuvre sur terre et sur mer afin de dépister les installations d'espionnage qui, de proche en proche, transmettent les informations dérobées jusqu'à une station neutre assez puissante pour les faire parvenir en Allemagne. C'est ainsi qu'on a, récemment découvert un poste de ce genre voisin de la base navale de Connecticut et dont les communications avaient grandement facilité la tâche des sous-marins ennemis.

**Méthode phonétique pour l'enseignement du code Morse.** — La revue américaine *The Telegraph and Telephone age* publie un article dans lequel est discutée et critiquée la méthode habituellement employée pour la formation des télégraphistes. En conclusion, cette étude expose le principe d'une méthode phonétique soumise avec succès par l'auteur à l'épreuve de la pratique.

Dans ce système, l'élève laisse de côté les éléments constitutifs des lettres : points et traits du code Morse. Il s'applique à reconnaître les groupes de sons caractérisant chaque lettre tels qu'il peut les entendre dans un message transmis à la vitesse normale de 20 mots par minute. On lui répète par exemple une série de cinq ou six lettres jusqu'à ce que le rythme de chacune d'elles soit bien gravé dans son oreille. Il apprend ainsi progressivement toutes les lettres, chiffres et signes de ponctuation du code. Longtemps, d'ailleurs, avant qu'il connaisse entièrement son alphabet, l'élève peut déjà recevoir de petits mots formés des lettres déjà apprises. Il étudie de cette manière jusqu'à ce qu'il soit capable de lire 18 à 20 mots par minute, c'est alors seulement qu'il apprend à transmettre. Fait paradoxal : beaucoup d'élèves commencent par manipuler d'une façon très satisfaisante avant d'avoir la moindre idée des points et traits composant chaque lettre. Cette particularité n'était pas d'ailleurs prévue par la méthode, ce sont les élèves eux-mêmes qui l'ont fait apparaître en s'amusant à tenter de reproduire, avec le manipulateur du maître, les signaux que celui-ci venait de leur faire entendre.

Digitized by Google

Par cette méthode un jeune homme de dispositions moyennes pourrait, d'après l'auteur, devenir un opérateur d'élite après trois ou quatre mois d'exercice.

L'avantage du procédé réside en ce qu'il est direct et supprime une double opération mentale d'analyse et de synthèse. Si d'autre part, l'élève laisse échapper une lettre, cette omission ne le gêne pas pour l'audition des lettres suivantes (comme c'est le cas lorsque son esprit s'attarde à reconstituer le sens d'un groupe de signaux élémentaires), son oreille oublie aussitôt la lettre qu'il a perdue, ce qui lui rend bien moins pénible la lecture des mots compliqués et difficiles.

**Un Cours de Poste au Mexique.** — Les receveurs des postes ont été chargés d'organiser dans leurs bureaux des cours postaux théoriques et pratiques pour le personnel placé sous leurs ordres.

Dans ces cours on s'appliquera à l'étude méthodique du Code postal et de son Règlement, des décrets, etc. publiés dans les documents officiels de l'Administration, de la Convention postale universelle de Rome, des Conventions particulières conclues avec d'autres pays par le Mexique pour l'échange des colis et des mandats de poste et en général de toutes les dispositions relatives au service postal.

Les aspirants aux emplois postaux, qui remplissent les conditions requises, peuvent aussi être admis à suivre ces cours.

**Machine à damer pour remblayage de tranchées.** — Des machines excavatrices sont souvent employées aux États-Unis pour creuser les tranchées destinées à recevoir les canalisations souterraines (conduites d'eau, de gaz, câbles télégraphiques et téléphoniques), mais jusqu'ici le remblayage des tranchées se faisait à la main. Cette dernière opération est longue et pénible en raison de la nécessité de damer soigneusement les diverses couches de terre pour réduire au minimum les tassements ultérieurs du terrain.

La machine à damer permet de remédier à cet inconvénient. Elle se compose d'un châssis à quatre roues portant un moteur à l'avant

Digitized by Google

et la dame à l'arrière. Un mécanisme approprié soulève la dame, l'arrête et la laisse retomber. La machine peut frapper 42 coups à la minute ; la course de l'outil est de 0 m 05, son poids est de 70 kilogrammes, la section de la dame a la forme d'un carré de 0 m 25 de côté ; en outre l'outil se déplace latéralement pendant le travail, ce qui permet de damer toute la largeur de la tranchée.

Il est possible de séparer la dame de sa tige et de lui substituer des outils tranchants qui permettent de découper l'asphalte, de briser le macadam, etc.

La machine, dont la vitesse normale est de 1 m 85 par minute, permet d'occuper deux pelleteurs et remplacerait 16 dameurs à main.

**Couverture des chambres de tirage.** — Les chambres de tirage dans les conduites multitubulaires sont ordinairement pourvues d'une couverture en briques, dans laquelle est ménagée une ouverture circulaire fermée par une plaque de fonte.

On a, dans l'établissement d'une canalisation destinée à une ligne d'éclairage à Chicago, réalisé une économie importante, en employant, pour constituer la couverture des diverses chambres de tirage, des dalles en ciment armé préparées à l'avance et faites en série.

Ces dalles mesurent 1 m 32 × 1 m 32 × 0 m 076 ; elles ont été mises en place à l'aide d'une chèvre fixée à la plateforme arrière d'un camion de 5 tons (4 t 53).

Les chambres n'étaient pas identiques les unes aux autres ; elles étaient carrées et avaient 2 ou 4 pieds de côté (0 m 61 ou 1 m 20). Le prix de revient d'une dalle mise en place est de 4 dollars (environ 20 francs).

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

**L'Electrochimie et l'Electrométallurgie**, par A. Levasseur, Professeur d'Électrochimie et d'Électrométallurgie à l'École d'Électricité et de Mécanique industrielles de Paris et à l'École Bréguet. (1 vol. in-8°. Prix : 9 francs. Dunod et Pinat, éditeurs, 47-49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI[e]).

L'auteur donne une place prépondérante aux théories scientifiques fondamentales et aux directives générales d'application industrielle ; il estime que le rôle capital de l'enseignement technique est de fournir des méthodes permettant de résoudre, dans les meilleures conditions, les problèmes scientifiques et pratiques qui, dans l'industrie se posent couramment à l'ingénieur ; il termine l'ouvrage par un chapitre sur l'organisation scientifique des usines d'électrochimie et d'électrométallurgie, fondée comme le veut Taylor sur le principe de la spécialisation à tous les degrés, qui peut s'exprimer ainsi : *Le rendement de chaque employé est maximum quand le nombre de ses attributions est minimum.*

**Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1918.** — Ce recueil renferme, outre la liste des constantes usuelles, les principales notices ci-après : *Les cadrans solaires* ; *le calendrier égyptien*, par G. Bigourdan. — *L'heure en mer*, par J. Renaud. — *Le soleil et le magnétisme terrestre*, par M. Hamy. — *La vie et l'œuvre de Gaston Darboux*, par Em. Picard, et un supplément qui donne le calendrier pour l'année 1919. (Gauthier-Villars, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, Paris, VI[e]. — 1 vol. in-16 de x-870 pages avec figures, cartes et planches. Prix net : 2 francs. Franco : 2 fr. 35).

Digitized by Google

**Aide-mémoire de l'ouvrier mécanicien**, par A. JACQUET, Professeur de l'Enseignement Technique. (Dunod et Pinat, éditeurs, 47, quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^. 1 vol. in-16 de 174 pages, avec 236 figures. Prix cartonné 3 fr. 50, majoration temporaire de 10 °/₀ en sus).

Ce petit volume, où l'auteur s'est inspiré des méthodes américaines et des procédés de l'industrie moderne, se recommande par sa précision, sa concision et son caractère scientifique.

Digitized by Google

# NOUVEAUX BREVETS D'INVENTION [1]

482.767 Contact électrique rotatif pour récepteurs téléphoniques — M. Jules-Emilian Cusset — France.

A pour but d'éviter toute torsion des fils, quels qu'en soient le nombre et la disposition. Les fils d'arrivée sont rattachés à des plots constituant la partie fixe ; la partie mobile se compose de bagues, tournant à l'intérieur de la première, et auxquelles sont connectés les fils de départ.

483.029 Perfectionnements aux appareils téléphoniques — M. Ruben Christopher Willer Hastings — États-Unis d'Amérique.

Evite l'emploi du bouton de sonnerie pour l'appel par le bureau central ; la sonnerie est actionnée lors de l'introduction de la fiche dans le jack d'appel et mise hors circuit dès que l'abonné décroche son récepteur.

483.493 Perfectionnement aux appareils de téléphonie privée à intercommunication — M. Edouard Grunenwald — France.

483.526 Systèmes de téléphone automatiques ou semi-automatiques — Société dite : The Relay automatic Telephone Company Limited — Angleterre.

483.580 Dispositif de coupures et de renvois de fils électriques se manœuvrant à distance, complété d'un commutateur de coupures se manœuvrant à la main — M. Jean-Marie-Joanny Lacharme — France.

Le système comprend trois genres d'appareils :

1° Autant de commutateurs de coupures et de renvois qu'il y a, à la guérite, de communications à couper ;

2° Un distributeur, servant à diriger le courant de manœuvre sur le commutateur à actionner ;

3° Un manipulateur servant à l'envoi des courants de manœuvre.

Les commutateurs et le distributeur sont placés à la guérite et le manipulateur à la station de mesures.

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (III° arr.).

Digitized by Google

Le commutateur se compose de deux séries de 16 plots chacune, disposés suivant deux couronnes ; concentriquement à ces couronnes peut se mouvoir un bras portant deux paires de ressorts, chaque paire étant susceptible de réunir un plot de la couronne extérieure au plot de même numéro de la couronne intérieure ; un système d'encliquetage permet de faire mouvoir à distance le bras du commutateur, par l'intermédiaire d'un électro-aimant : chaque attraction de l'armature fait avancer le bras de 1/16.

Les différents plots sont connectés de telle sorte que, si l'on suppose l'instrument installé à Dijon, sur des circuits Paris-Lyon par exemple, les différentes positions du bras donnent les commutations suivantes :

Au repos, deux sections Paris-Dijon et Dijon-Lyon sont reliées directement à la guérite ;

Après la première émission de courant, ces deux sections sont bouclées séparément à la guérite ;

Après la deuxième émission, la section Paris-Dijon est renvoyée à la station de mesures de Dijon et la section Dijon-Lyon est isolée.

Après la troisième émission, c'est la section Dijon-Lyon qui est renvoyée et Paris-Dijon qui est isolée ;

Après la quatrième émission, les deux sections sont rétablies en direct à la guérite.

En continuant les émissions, les mêmes combinaisons se reproduiront dans le même ordre, à chaque quart de tour, et il sera possible, pendant les quarts pairs, de faire usage de la ligne de renvoi des quarts impairs, ou de disposer d'une deuxième ligne de renvoi qui pourra, au besoin, être affectée à des relations d'intercommunication à la guérite.

Le distributeur est agencé comme le commutateur, sauf qu'il ne comprend qu'une seule paire de ressorts ; chacun de ses plots communique avec l'entrée des bobines d'un commutateur ; chaque émission reçue le fait avancer de 1/16 et met la ligne de manœuvre successivement en communication avec chacun des commutateurs.

Un seul manipulateur, agencé comme un manipulateur à cadran, suffit pour effectuer toutes les manœuvres : si l'on veut, par exemple, opérer sur le circuit relié au 8e commutateur, on tourne la manette du manipulateur jusqu'à la 8e encoche : les 8 émissions positives ainsi envoyées font avancer le distributeur d'un nombre égal de divisions ; puis on inverse la pile : les émissions négatives qu'on envoie ensuite sont reçues dans le 8e commutateur et donnent lieu aux combinaisons indiquées plus haut.

483.737 Système de téléphone automatique et semi-automatique — Société dite : The Relay automatic Telephone Company Limited — Angleterre.

Ce brevet concerne l'utilisation de lignes d'intercommunication entre les différents groupes de sélecteurs des systèmes de téléphonie automatique ou semi-automatique auxquels aboutissent les diffé-

Digitized by Google

rents groupes de lignes auxiliaires entre les bureaux téléphoniques.

Ces lignes d'intercommunication permettent, lorsque toutes les lignes auxiliaires, allant dans une direction déterminée et affectées normalement à un groupe de sélecteurs sont occupées, d'établir la communication en utilisant une ligne auxiliaire normalement affectée à un autre groupe de sélecteurs.

483.874 Procédé et appareils pour recevoir et amplifier les signaux télégraphiques — M. Thomas Bullitt Dixon — États-Unis d'Amérique.

Utilisable sur toutes les lignes et, en particulier, sur les câbles sous-marins. Les signaux sont reçus dans un galvanomètre à miroir, qui renvoie un rayon lumineux sur une résistance en sélénium, insérée dans un circuit comprenant deux batteries et un siphon recorder. Lorsque le rayon frappe le milieu de la résistance, les deux batteries sont en opposition et aucun courant ne circule dans le siphon ; dès que le rayon est dévié, l'action de l'une des batteries devient prédominante et la bobine du siphon est déviée dans le même sens. Ce système peut également être monté en translateur.

483.939 Transmetteur téléphonique — M. Edward Alfred Graham — Angleterre.

484.039 Perfectionnements aux systèmes de téléphones d'intercommunication — Société : The Telephone manufacturing Company Limited — Angleterre.

Les systèmes de téléphones à postes groupés, employés jusqu'ici pour les réseaux d'intercommunication téléphonique à l'intérieur d'un même immeuble présentent l'inconvénient d'obliger l'abonné appelé à essayer les différentes connexions pour déterminer quel est le poste qui a lancé l'appel. Dans l'invention faisant l'objet de ce brevet, chaque poste comporte un bras sélecteur qui, lorsque l'abonné appelé décroche son récepteur, se déplace sous l'action d'un ressort de rappel, d'un mouvement convenablement ralenti par un train de roues d'engrenages, et entre en contact avec des plots raccordés aux différentes lignes jusqu'à ce qu'il atteigne le plot correspondant à l'abonné qui a lancé l'appel, après quoi le bras sélecteur mobile est arrêté et un circuit de ligne destiné à la conversation est fermé. La fermeture de ce circuit de ligne a pour autre conséquence de decourt-circuiter le récepteur téléphonique de l'abonné appelant. Normalement, en effet, un abonné, en décrochant son récepteur, court-circuite l'enroulement de ce récepteur, de sorte qu'il est impossible à tout poste qui n'est pas en communication régulière d'écouter une conversation en cours par induction sur les lignes.

Les avantages de ce système sont donc : secret des communications mises en relation automatique de l'appelé et de l'appelant.

Digitized by Google

184.284 Appareil auxiliaire pour téléphone. — MM. Frederik Christrian Carl Vincent Neeser et Niels August Johannes Lihendahl. — Petersen.

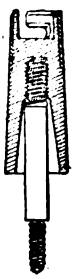
Cet appareil, destiné à amplifier les ondes sonores produites par les mouvements de la plaque d'un récepteur téléphonique afin de les rendre perceptibles pour plusieurs auditeurs à la fois, consiste en une caisse de résonance comportant une membrane élastique surmontée d'un large cornet acoustique.

Le téléphone repose, par l'intermédiaire d'un support élastique, sur le fonds de la boîte de résonance et la membrane élastique est reliée mécaniquement à un stylet qui appuie sur la plaque du récepteur téléphonique.

484.357 Dispositif commutateur automatique pour thermotéléphones. Société de thermotéléphones des Pays-Bas.

Comme dans les postes téléphoniques ordinaires, le poids du thermotéléphone en agissant par l'intermédiaire d'un organe de traction sur un crochet commutateur, effectue la mise en circuit ou la mise hors circuit suivant qu'on enlève le thermotéléphone pour l'introduire dans l'oreille ou suivant qu'on le laisse retomber lorsque la communication est terminée.

485.533 Procédé et dispositifs pour accroître la sélectivité des circuits électriques — MM. Michael Idvorsky Pupin et Edwin Howard Armstrong — États-Unis d'Amérique.



Brevet anglais, 16,550/15. — *Isolateur pour lignes télégraphiques*. J. B. Alexander, London. Cet isolateur est vissé sur la console ; la tête de l'isolateur porte une encoche dans laquelle on fait passer le fil, l'isolateur n'étant pas vissé à fond. On donne ensuite une fraction de tour à l'isolateur et le fil se trouve serré dans l'encoche.

*L'Editeur-Gérant*,
A. DUMAS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

Digitized by Google

GENERAL LIBRARY
SEP 5 1918
UNIV. OF MICH.

7me ANNÉE — JUIN 1918. — N° 2

Engineering Library

# ANNALES

DES

# POSTES, TÉLÉGRAPHES

# ET TÉLÉPHONES

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**

*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*

**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

VIIe Année — N° 2, 1918.

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1er Janvier.*

PARIS
A. DUMAS, ÉDITEUR
6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IXe)

Digitized by Google

Digitized by Google

# ANNALES

DES

# POSTES, TÉLÉGRAPHES

# ET TÉLÉPHONES

---

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**

*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*

**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

---

VII[e] Année — N° 2, 1918.

---

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1[er] Janvier.*

---

PARIS

A. DUMAS, ÉDITEUR

6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IX[e])

Digitized by Google

# COMMISSION DES ANNALES

# DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

## AVIS

Les manuscrits adressés aux Annales sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII^e^.

*Membres de la Commission :*

M. Dennery, Inspecteur général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, ***Président.***

M. A. Blondel, **Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.**

Le Directeur **du Personnel à l'Administration centrale** des Postes et **Télégraphes.**

M. Lorain, Directeur de l'Exploitation Téléphonique, Professeur à l'École Supérieure.

M. Ferrière, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine, Professeur à l'École Supérieure.

M. Maureau, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École Supérieure.

M. Augier, Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes.

M. Paillon, **Directeur départemental des Postes et Télégraphes.**

M. Saunier, Sous-Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes, ***Membres.***

MM. Taffin, Inspecteur des Postes et Télégraphes, Drouet et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes, *Secrétaires.*

M. Godet, Rédacteur des Postes et Télégraphes, *Secrétaire-adjoint.*

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES


Pages

Service postal d'Alsace-Lorraine, par M. Léonard, Rédacteur des Postes et Télégraphes ..... 249

Chèques postaux, par M. Taffin, Inspecteur des Postes et Télégraphes ..... 259

Le dynatron et le pliodynatron ..... 269

Étude sur l'anti-induction des circuits construits en diagonale, par M. Cornet, Ingénieur des Postes et Télégraphes, précédée d'une note de l'Ingénieur en Chef Pomey ..... 281

La combinaison des circuits : Réflexions sur la terminologie en usage, par M. Cauchie, Rédacteur des Postes et Télégraphes. 337


* * *

## SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES


Utilisation des courants alternatifs industriels dans les bureaux télégraphiques ..... 339

Installation de convertisseurs à vapeur de mercure aux bureaux télégraphiques de Brest et de Moulins ..... 354

Batterie centrale télégraphique ..... 356

Télégraphie double ..... 359

Télégraphie multiplex ..... 359

Télégraphie harmonique ..... 360

Relais ..... 360


### Comité technique des postes et télégraphes


Améliorations proposées pour le service postal ..... 361

Transmission sur les lignes souterraines par courants alternés et bridés ..... 365

Combinés à batterie centrale ..... 366


Digitized by Google

## LE SERVICE POSTAL, TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE DANS LES ADMINISTRATIONS ET ARMÉES DES PAYS ENNEMIS

Transports de lettres par voie aérienne..... 367
Le personnel féminin dans les Postes et Télégraphes en Allemagne..... 367
Détournements de correspondances en Allemagne et en Autriche. 368
Indemnités de mission..... 369
Ateliers de couture à l'usage du personnel des Postes en Allemagne..... 370

* * *

## COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES

### *Périodiques en langue française.*

Dévouement du personnel des Postes et Télégraphes parisien au cours des récents bombardements..... 372
A propos du lumen..... 372
Une nouvelle pile-étalon au plomb..... 374

### *Périodiques en langues étrangères.*

Application du calcul des probabilités à la recherche du nombre de lignes auxiliaires nécessaires dans un système de téléphonie automatique..... 375
Ligne téléphonique en câble aérien..... 377
Conduite aérienne pour ligne téléphonique..... 386
Charrues pour creuser les tranchées sous-marines..... 389

* * *

## INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Nouveau poste central téléphonique à Paris..... 391
Service postal aérien..... 391

Digitized by Google

Section de statistique..... 392
Alliage pouvant remplacer le cuivre..... 392
Nouvelle matière isolante..... 392

***

Brevets d'invention..... 393

Digitized by Google

## BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES (1)

*Construction des lignes télégraphiques et téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Lorain, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (4e édition. 1916). — 2 vol. Prix : 6 francs le vol.

*Comptabilité et droit budgétaire.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Feret du Longbois, Directeur au Ministère des Finances (1912). — 1 vol. Prix : 6 francs.

* *Installations télégraphiques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Tongas, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (1918). — 2 vol. Prix : 12 fr. 50 le volume.

*Les derniers progrès réalisés en télégraphie*, par M. Tongas (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Installations téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Milon, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2e édition. 1918). — 1 vol. Prix : 12 fr. 50

*Exploitation postale.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Ferrière, chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. Prix : 6 francs le volume.

* *Conférences sur les moteurs thermiques* faites à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Sauvage, Inspecteur général des Mines (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Électricité industrielle.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Maureau Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. Prix : 10 fr. 50.

*Principes d'électricité.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Drouet, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 3 fr. 75.

*Théorie de la pupinisation et applications pratiques.* — Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, par M. Cahen, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. Prix : 1 fr. 50.

*Cours élémentaire pratique de Télégraphie sans fil*, à l'usage du personnel, par M. G. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 6 francs.

*La Technique Télégraphique en France* (ouvrage publié à l'occasion

(1) Ces ouvrages (sauf ceux marqués d'un astérisque) se trouvent dans les bibliothèques départementales.

Digitized by Google

de l'Exposition de San-Francisco), par M. Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1916). — 1 vol. in-8° carré. Prix : 3 fr. 50.

En vente à la librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, V^e^.

---

* *Cours d'électricité théorique* professé à l'École Supérieure (section des élèves-ingénieurs), par M. Pomey, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 13 francs.

*De la propagation du courant télégraphique et téléphonique* (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. Fleming), traduit de l'anglais par M. Ravut, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 12 francs.

*La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple* (*Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das mehrfache Fernsprechen*, par K. Berger); traduit de l'allemand par M. Le Normand, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 fr. 50.

*Pratique radiotélégraphique* (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par Rein), traduit de l'allemand par M. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

*La Téléphonie automatique*, par M. Milon, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol.

*La Télégraphie en Amérique* (*American Telegraph Practice*, par Donald Mc Nicol); traduit de l'anglais par MM. Picault et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol.

En vente chez M. Gauthier-Villars, éditeur, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^.

---

*Traité de Téléphonie* (extraits de *Telephony*, par Abbott); traduit de l'anglais par M. Gilles, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 francs.

*Traité de Téléphonie pratique* (extraits de *American telephone practice*, par Kempster B. Miller); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

En vente chez M. Albin Michel, éditeur, 22, rue Huyghens, Paris, XIV^e^.

---

Digitized by Google

*Les câbles télégraphiques et téléphoniques* (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par STILLE); traduit de l'allemand par MM. PICAULT, Ingénieur, et MONTORIOL, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 25 francs.

En vente chez M. Béranger, éditeur, 15, rue des Saint-Pères, Paris, VI°.

---

## VIENNENT DE PARAITRE :

*Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes*, à l'usage du personnel, 1917. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 337 pages. Prix : 4 frs.

*Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels*, à l'usage du personnel, 1918. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 140 pages. Prix : 3 francs.

*Instruction sur les circuits combinés et circuits appropriés à la télégraphie et à la téléphonie simultanées*, à l'usage du personnel, 1918. — Une plaquette in-16 jésus à l'italienne, 26 pages. Prix : 1 fr. 75.

*La télégraphie, la téléphonie, l'électricité depuis* 1878. Extraits du 2000e numéro de *The Electrician*, traduits par G. HAMEL et E. PICAULT, ingénieurs des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 4 francs.

En vente à la Librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, V°.

---

Digitized by Google

# Service Postal d'Alsace-Lorraine

Par M. Léonard,
Rédacteur des Postes et Télégraphes.

Les règlements postaux en vigueur en France et en Allemagne ne diffèrent guère que par certaines dispositions de détail.

A l'avantage du public allemand on peut citer notamment :

L'application d'un tarif réduit aux lettres circulant dans la circonscription postale du bureau d'origine ou échangées entre localités voisines, ainsi qu'aux cartes postales ;

L'institution, relativement récente, d'un tarif réduit pour les papiers d'affaires, catégorie qui, en France, ne comprend plus que les factures, notes d'honoraires et relevés de comptes ou de factures ;

Le droit de ne pas affranchir les lettres recommandées et les valeurs déclarées, de ne pas soumettre les envois contre remboursement à la formalité de la recommandation et d'insérer dans les lettres recommandées ainsi que dans les envois de valeurs déclarées des monnaies lesquelles, en France, sont exclues du transport par la poste ;

La faculté d'assurer les envois pour une somme illimitée (en France le maximum de déclaration est fixé à 10.000 fr. par la poste et à 5.000 fr. par colis postal), et de déclarer la valeur de certains documents ou objets auxquels l'expéditeur attache une importance ou une valeur particulières, et qui en France ne sont pas admis à l'assurance ;

La possibilité de faire distribuer des correspondances par exprès la nuit ou dans la localité siège du bureau d'où elles sont originaires, et de faire payer par exprès le montant des mandats.

Le service allemand peut remettre les lettres recommandées et le montant des mandats ne dépassant pas 400 marks à un membre adulte de la famille du destinataire, en cas d'absence de



Digitized by Google

ce dernier. Il se substitue entièrement aux éditeurs pour la réception des commandes de journaux qu'il centralise, pour le recouvrement du prix des abonnements, la répartition des exemplaires entre les bureaux et les abonnés, leur expédition, leur transport et leur distribution.

Le service postal présente les effets de commerce à l'acceptation des tirés et effectue les protêts avec ou sans intervention des officiers ministériels. Il se charge même du transport des voyageurs sur les routes de terre, et assure entièrement, par ses propres moyens, le service des colis postaux, qui, en France, est confié aux Compagnies de chemins de fer, auxquelles un très petit nombre de bureaux de poste prêtent un concours très restreint.

Alors que la poste allemande n'utilise que le mandat-carte, l'Administration française offre au public toute une série de formules dont chacune correspond à un besoin particulier. A côté d'avantages incontestables, cette diversité de formules présente l'inconvénient d'une complication qui nuit à la rapide exécution des opérations. L'emploi exclusif du mandat-carte payable à domicile a permis en Allemagne une simplification extrême du service des articles d'argent, des recouvrements et des remboursements; il évite l'encombrement des guichets par les opérations de payement ainsi que les formalités de justification d'identité.

Mais quelles que soient les commodités qu'elles procurent au public, ces dispositions ne pourraient être maintenues en Alsace-Lorraine par l'Administration française que si elles étaient étendues à l'ensemble du territoire français. Alors que les relations internationales sont régies par des règlements uniformes, il serait, en effet, contraire à toute logique d'établir à l'intérieur d'un même pays des régimes postaux différents, dont l'application donnerait lieu à de nombreuses difficultés. Il paraît donc certain que lorsque l'Administration française reprendra possession du service en Alsace-Lorraine, elle y appliquera intégralement ses règlements, ses tarifs, sa législation, qui, au surplus, en regard de quelques inconvénients ou de quelques lacunes, ont aussi leurs avantages.

Digitized by Google

Il ne semble pas possible d'adopter, pour l'exécution du service en Alsace-Lorraine, des règles spéciales ou transitoires : il est indispensable que les formalités auxquelles donne lieu une opération postale quelconque soient les mêmes à Strasbourg qu'à Paris. On pourrait tout au plus maintenir quelques dispositions de caractère essentiellement local, c'est-à-dire celles qui ne sont pas susceptibles d'affecter les relations de l'Alsace-Lorraine avec la France, qui n'ont aucune répercussion sur le service français, par exemple, la faculté, qui n'existe pas en France et qui est assez appréciée dans les villes allemandes, de faire distribuer des correspondances par exprès dans la localité d'origine.

Établissements de poste. — Le service postal allemand est caractérisé non seulement par les dispositions de détail ou les tarifs, mais encore par la multiplicité des bureaux, le développement du service des transports, les améliorations apportées au service de distribution, enfin, par l'organisation du service des chèques et des colis postaux.

L'Alsace-Lorraine, qui comprend 1701 communes, compte 717 bureaux de poste, dont 187 *Postämter* (bureaux gérés par des fonctionnaires) et 530 agences postales (bureaux gérés par des particuliers, effectuant toutes les opérations, ainsi que l'expédition et la distribution des correspondances de toute nature et des colis, avec le concours de facteurs titulaires ou auxiliaires).

Il serait désirable de maintenir en Alsace-Lorraine un nombre égal d'établissements postaux. Or, l'agence postale est un établissement qui n'existe pas dans l'organisation française, laquelle, en outre des recettes de plein exercice — beaucoup plus nombreuses que les *Postämter* — comprend : des établissements de facteur-receveur qui effectuent à peu près les mêmes opérations que les bureaux de plein exercice, des recettes auxiliaires et des distributions auxiliaires, dont les attributions sont moins étendues que celles des agences postales allemandes. Les agences postales pourraient être converties en recettes de plein exercice dans les localités les plus importantes, en établissements de facteur-receveur dans les autres.

Mais il importe essentiellement que les titulaires de ces nou-

Digitized by Google

veaux bureaux connaissent la langue allemande ou le dialecte du pays. Un certain nombre d'agents et de sous-agents de l'Administration allemande d'origine alsacienne pourront sans doute, après un stage de courte durée, être appelés à gérer ces bureaux. Quelques gérants d'agences postales,—très peu, je crois, —accepteront peut-être les fonctions de facteur-receveur. Il est à craindre néanmoins que le personnel local ne puisse satisfaire à tous les besoins. D'autre part, il pourrait y avoir intérêt à ne pas dépouiller certains gérants de l'agence dont ils sont titulaires. Il conviendrait donc de substituer aux agences postales des distributions auxiliaires comportant un service d'expédition partout où il n'y aura pas lieu, pour une raison ou pour une autre, de créer des recettes ou des établissements de facteur-receveur. La gérance pourrait en être confiée aux anciens titulaires des agences postales, s'ils présentent les garanties désirables.

Il y aurait d'ailleurs intérêt au point de vue budgétaire à se rapprocher le plus possible de l'organisation allemande, essentiellement économique, en maintenant, sous le nom de distributions auxiliaires, un grand nombre d'agences postales. Les attributions de ces établissements devraient s'étendre à la réception, à l'expédition et à la distribution des correspondances de toute nature et les gérants devraient être judicieusement choisis en tenant compte des susceptibilités des populations rurales et des petits commerçants.

Enfin, quelques offices auxiliaires (*Posthilfstellen*) pourraient être transformés en recettes auxiliaires ; le plus grand nombre, dont le trafic est à peu près nul, pourraient être supprimés sans inconvénients.

Il convient de signaler la différence qui existe dans le mode de rétribution des gérants d'agences postales en Allemagne et de recettes auxiliaires en France. Les titulaires d'agences reçoivent une rétribution minimum de 450 marks qui augmente tous les trois ou quatre ans, suivant le trafic, et peut atteindre le chiffre de 1200 marks si le service téléphonique est adjoint au service postal ; dans le cas contraire, la rétribution ne dépasse pas 900 marks.

Digitized by Google

Les gérants de nos recettes auxiliaires sont payés à l'aide de remises sur les opérations postales, sur les télégrammes et les communications téléphoniques. Il leur est garanti un salaire minimum de 100 francs par an. Ceux qui assurent un service télégraphique ou téléphonique reçoivent en outre une rétribution de la commune.

Il y a lieu de remarquer, en outre, que l'Administration allemande prend à sa charge toutes les dépenses que nécessite un établissement de poste, de télégraphe ou de téléphone, tandis qu'en France les communes sont tenues de participer aux frais d'installation ou d'exploitation. La création d'une recette impose aux communes la fourniture gratuite pendant 18 ans du local nécessaire au fonctionnement du service et au logement du titulaire. Cette obligation n'existe pas pour les communes auxquelles est concédé un établissement de facteur-receveur ; mais, lorsqu'il n'est pas possible de trouver un local convenable pour un loyer maximum de 200 francs, les municipalités doivent payer l'excédent. La concession d'une recette auxiliaire n'entraîne aucune dépense pour la commune. Mais si le service télégraphique ou téléphonique est adjoint à un établissement de facteur-receveur ou à une recette auxiliaire, les communes doivent, pendant un certain nombre d'années, rétribuer, elles-mêmes, le facteur-receveur ou le gérant pour le surcroît de travail qui lui est imposé, ainsi que l'agent chargé de la distribution des télégrammes et des messages.

Distribution des correspondances.— En Allemagne, le nombre moyen des distributions journalières est aussi élevé que le nécessitent les exigences locales.

Sur 135.450 localités rurales que compte le territoire de l'Office postal impérial, 65.600 ont plus d'une distribution.

En territoire reconquis, parmi les 83 communes sur lesquelles des renseignements ont pu être recueillis,

1 était doté de 5 distributions
4 — 4 —
7 — 3 —
61 — 2 —

10 seulement n'étaient desservies qu'une fois par jour.

Digitized by Google

En France, sur 23.950 communes rurales, 3.124 seulement sont dotées de deux ou plusieurs distributions. Encore convient-il de remarquer qu'en général les distributions supplémentaires ne s'effectuent que dans l'agglomération principale de ces communes, les écarts en sont le plus souvent exclus ; en Allemagne, les écarts, hameaux, etc..., profitent généralement de la seconde distribution quand celle-ci est effectuée au siège de la commune.

L'Administration française conservera certainement aux populations alsaciennes et lorraines l'avantage des distributions multiples dont elles bénéficiaient.

Colis postaux. — En Allemagne, le service des colis postaux est assuré entièrement par l'Administration des Postes.

L'expédition et la livraison des colis postaux jusqu'à 50 kgs sont effectuées par tous les bureaux de poste et les agences postales ainsi que par quelques offices auxiliaires.

Les facteurs ruraux sont tenus de se charger de l'expédition des colis ne dépassant pas 5 kgs qui leur sont confiés en cours de tournée.

La remise des colis à domicile est de règle : elle est réalisée pour tous les colis, quel que soit leur poids, dans la localité où fonctionne un bureau de poste ou une agence postale. Dans toutes les autres localités les colis sont portés à domicile par les facteurs ruraux s'ils ne dépassent pas 5 kilogs et si leurs dimensions le permettent. Il existe même des facteurs ruraux en voiture qui assurent l'expédition et la livraison à domicile de tous les colis.

Le transport des colis postaux sur les voies ferrées est confié aux bureaux ambulants ; il se fait, par suite, dans des conditions de rapidité et de régularité à peu près équivalentes à celles des lettres.

Les colis dits « urgents », dont le contenu nécessite le transport dans le moindre délai, peuvent, moyennant une surtaxe, être expédiés par les voies les plus rapides.

Enfin, les colis postaux peuvent être distribués par exprès et le public use beaucoup de cette faculté ; ils peuvent encore être soumis à la formalité de la recommandation ou faire l'objet d'une déclaration de valeur, sans limitation de somme.

Digitized by Google

Il ne saurait être question d'appliquer en Alsace-Lorraine le régime des colis postaux tel qu'il est pratiqué en Allemagne.

Il n'y a pas d'intérêt, par exemple, — d'intérêt immédiat tout au moins —, à porter à 50 kg. le poids maximum des colis postaux, qui, en France, est de 10 kg. ; le prix de transport des colis allemands de 20 kg. et au-dessus est, en effet, beaucoup plus élevé que le tarif français des messageries.

Les raisons qui s'opposent à l'adoption de modalités particulières à l'Alsace-Lorraine, pour l'échange des correspondances et des mandats d'articles d'argent, ont la même valeur pour ce qui concerne les colis postaux.

D'ailleurs, l'organisation du service des colis postaux en Allemagne est caractérisée moins par l'élévation de la limite de poids et par la rapidité de transmission que par la multiplicité des organes d'exécution.

La participation à ce service de tous les bureaux de poste et agences postales, de tous les facteurs ruraux et des offices auxiliaires procure aux populations des campagnes des facilités dont ne jouissent en France que les habitants d'un petit nombre de localités. Elle a permis au trafic des colis postaux de prendre un essor considérable.

Ce sont ces facilités qu'il importe de conserver aux populations alsaciennes et lorraines.

En France, seuls les bureaux de poste fonctionnant dans des localités dépourvues d'une gare et situées sur le parcours d'un courrier en voiture participent au service des colis postaux ; mais cette participation est des plus restreintes. Elle se borne, en effet, à la réception des colis ordinaires, c'est-à-dire des colis ne comportant ni déclaration de valeur, ni remboursement, ni livraison par exprès, à leur transmission à la gare, et, en sens inverse, à leur livraison au bureau, et non à domicile.

La question de la reprise par la Poste du service des colis postaux est à l'étude ; elle soulève de sérieuses difficultés. En outre des conditions dans lesquelles pourront être dénoncées les conventions qui lient l'État aux Compagnies pour l'exécution de ce service, il y aura tout un outillage nouveau à créer, des

Digitized by Google

locaux à aménager, un personnel spécial à constituer ou à emprunter aux compagnies.

Ces difficultés ne se rencontreront pas en Alsace-Lorraine. Quel que soit le régime auquel seront soumis les chemins de fer alsaciens-lorrains, rien ne paraît devoir s'opposer à ce que les bureaux de poste de toutes catégories participent sans aucune restriction au service des colis postaux ; il suffirait de régler les conditions de transport avec le service des chemins de fer. Les bureaux de poste sont aménagés en conséquence et le personnel que nous pourrons conserver connaît le fonctionnement de ce service ; il n'aurait qu'à se mettre au courant des règlements français.

Il serait également désirable que dans les localités rurales situées à proximité d'une gare ou sur le parcours d'un courrier, les recettes auxiliaires, les recettes buralistes ou les débits de tabac soient chargés de la réception, de l'expédition et de la livraison des colis, et que les facteurs ruraux transportent les colis ne dépassant pas 3 ou 5 kilogs.

L'Administration pourrait ainsi faire l'essai de l'organisation à adopter pour l'exécution ultérieure du service par les bureaux de poste français.

Locaux. — Il est souhaitable également que l'Administration française reprenne les locaux loués par l'Office impérial bien qu'en général les loyers soient supérieurs à ceux payés en France.

La plupart de ces immeubles ont, en effet, été construits spécialement pour la poste et tous sont aménagés pour le trafic des colis postaux.

Personnel. — La question du régime à appliquer aux fonctionnaires des postes impériales, d'origine alsacienne-lorraine, qui reprendront du service sous l'Administration française est à l'étude. La supériorité des traitements allemands sur les traitements français, la non équivalence des attributions ou des fonctions, la différence dans les conditions de recrutement, d'avancement et de retraite rendent cette question particulièrement délicate et soulèvent des problèmes très complexes.

Digitized by Google

En ce qui concerne le recrutement du personnel subalterne des postes, une première condition s'impose : les receveurs des bureaux simples, les commis, et les dames employées des guichets, les facteurs devront connaître la langue allemande ou le dialecte alsacien : c'est de toute nécessité. Il y aura lieu, par conséquent, de faire le plus large appel au recrutement local.

Mais l'insuffisance de leur connaissance de la langue française ne permettra pas aux candidats aux emplois de commis et de dames employées d'affronter avec succès le concours général d'entrée. Il sera donc nécessaire d'instituer des examens ou des concours spéciaux pour les postulants alsaciens-lorrains. On peut exprimer l'avis que ces examens confèrent aux candidats reconnus admissibles les mêmes avantages que le concours général.

En résumé, tous les efforts de l'Administration française devront tendre à donner à la population d'Alsace-Lorraine des commodités équivalentes à celles qu'elle retirait du régime allemand.

A cet effet, il conviendra notamment :

De mettre à la disposition du public des bureaux de poste, de télégraphe et de téléphone aussi nombreux que ceux qu'entretenait l'Administration impériale ;

D'organiser des services de transport et de distribution aussi complets que les services allemands et, en particulier, d'accorder une seconde distribution à toutes les localités qui en étaient dotées ;

D'ouvrir les bureaux de poste de toutes catégories au service des colis postaux et de donner aux populations rurales toutes les facilités possibles en vue de l'expédition et de la réception des dits colis.

On ne peut que souhaiter, en outre, que l'Administration française introduise dans ses règlements certaines dispositions avantageuses du service allemand, par exemple :

Simplification des écritures de guichet et des formalités auxquelles donnent lieu les opérations ;

Suppression des fiches de dépôt des objets recommandés ou chargés ;

Digitized by Google

Extension de la distribution des correspondances au guichet ;

Création d'une carte d'identité postale ;

Simplification des multiples tarifs applicables aux imprimés ;

Suppression du maximum de déclaration de valeur des lettres et boîtes chargées et des colis postaux ;

Faculté d'assurer des documents ou des objets auxquels l'expéditeur attache une importance particulière ;

Admission des facteurs ruraux à la réception des valeurs déclarées ;

Admission à la remise par exprès du montant des mandats-cartes et des mandats télégraphiques et à la distribution par exprès des correspondances à destination de la localité où elles sont déposées ;

Extension de la distribution par exprès aux heures de nuit ;

Création de la carte-remboursement dont la recommandation serait facultative.

Digitized by Google

# CHÈQUES POSTAUX

Par M. TAFFIN,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Depuis 1901, les virements et chèques postaux ont fait l'objet de nombreuses études. L'Administration des Postes et Télégraphes désireuse d'améliorer son service d'articles d'argent suivait, avec intérêt, le développement des institutions de chèques postaux à l'étranger. Plusieurs projets ou propositions de loi soumis au Parlement n'avaient pu, pour des raisons diverses, aboutir jusqu'à ce que les circonstances actuelles aient démontré les avantages qu'il y avait à réduire la circulation monétaire en développant les méthodes de compensation.

Après de nouvelles études, poursuivies en collaboration avec les chambres de commerce, un service de comptes courants et de chèques postaux a été créé par la loi du 7 janvier 1918. Un décret de la même date réglemente ce service qui fonctionnera à partir du 1er juillet prochain.

La Poste avait tenté, à différentes reprises, d'avoir recours aux procédés de compensation. La loi du 5 avril 1879 sur les recouvrements de valeurs autorise, en effet, à substituer à l'émission de mandats-poste « l'ouverture de comptes-courants au débit desquels figurera un droit égal à celui qui aurait été perçu pour la délivrance des mandats-poste ». Cette méthode de règlement de compte n'a pas été appliquée; par contre, le payement des mandats émis au profit des titulaires de comptes ouverts à la Banque de France peut être effectué, depuis 1907, par la Recette principale des Postes de la Seine, au moyen d'ordres de virement.

La création du service de comptes courants et de chèques postaux ne constitue, en réalité, qu'une extension des dispositions

Digitized by Google

précédentes, prises en vue de simplifier l'exécution et la comptabilité du service des articles d'argent. Il n'est pas douteux que l'ouverture de comptes courants facilitera, dans une large mesure, les transmissions de fonds. L'envoi et le payement de mandats-poste pourront être effectués, par un simple jeu d'écritures, sans déplacement des titulaires de comptes courants. Les industriels, commerçants, sociétés, syndicats, associations, éditeurs de publications, avocats, médecins, etc... apprécieront certainement les avantages que leur procurera le nouveau service. Il en résultera, d'autre part, pour les bureaux de poste, un désencombrement des guichets, une réduction de l'encaisse et, par suite, une diminution des erreurs ou pertes qu'entraîne la manipulation du numéraire.

**Comptes courants.** — Les comptes courants sont tenus par des bureaux spéciaux dits *bureaux de chèques postaux* qui fonctionneront tout d'abord à Paris, Lyon, Marseille, Bordeaux, Nantes, Clermont-Ferrand. Six autres bureaux seront ouverts plus tard, dont un à Alger. Ce service n'est donc pas centralisé, mais un organisme de contrôle est institué à l'Administration Centrale et dans chaque direction départementale siège d'un bureau de chèques.

Tous les bureaux de poste et les établissements secondaires participent à l'exécution du service; ils encaissent les sommes versées au crédit des titulaires de comptes et effectuent les payements sur autorisation des bureaux de chèques, détenteurs des comptes courants.

**Ouverture des comptes courants.** — Les particuliers, maisons de commerce, sociétés ou autres groupements sont, après acceptation de leur demande, admis à se faire ouvrir des comptes courants. Une même personne peut avoir plusieurs comptes dans un même bureau de chèques ou dans des bureaux différents. La demande doit comporter toutes les indications utiles pour l'ouverture du compte courant; une formule spéciale reçoit le spécimen de la signature du titulaire et de celle des

Digitized by Google

personnes autorisées par lui à tirer des chèques sur son compte.

Il peut paraître arbitraire que la demande d'ouverture d'un compte courant soit l'objet d'un examen préalable mais, en fait, l'autorisation ne sera refusée que pour des raisons graves touchant l'honorabilité du demandeur.

L'acceptation est notifiée à ce dernier, en même temps que le numéro d'ordre du compte courant. Un dépôt de garantie fixé à 50 francs est versé par compte.

Deux sortes de formules, réunies en carnets, sont délivrées aux titulaires de comptes, la première est destinée à l'émission des chèques nominatifs et des chèques d'assignation, la seconde est spéciale aux virements. Chaque formule porte imprimés le nom et le numéro sous lesquels le compte est ouvert, ainsi que le lieu où ce compte est tenu.

Le service des chèques publie et tient à jour la liste des titulaires des comptes courants.

Des décrets spéciaux détermineront dans quelles conditions des comptes pourront être ouverts à l'État, aux personnes morales administratives et aux services publics.

Cette réglementation constituera une réforme importante des méthodes de comptabilité publique. Son application réalisera une amélioration des mesures déjà prises, en 1916, pour admettre les contribuables à se libérer de leurs contributions directes par la remise, aux percepteurs, de chèques barrés et, pour procéder au payement des dépenses de l'État et des départements, au moyen de virements de banque et de mandats-cartes. Il sera possible de donner au public de nouvelles facilités lui permettant d'acquitter, sans dérangement, le montant des redevances, provisions, abonnements téléphoniques et d'effectuer le versement des impôts recouvrés par les régies financières.

Il convient de rappeler que par arrêté royal du 28 avril 1913, le gouvernement belge a réglé l'emploi des chèques et des virements postaux par les administrations publiques. Les comptes sont ouverts au nom des bureaux de recette représentés par les comptables en fonctions. Les fonds disponibles sur ces comptes font partie de l'encaisse de chaque bureau au même titre que les

Digitized by Google

pièces comptables. Le dépôt de garantie n'est pas exigé, mais l'avoir disponible doit s'élever au moins à la somme de 10 frs. Les comptables des établissements publics et des communes utilisent leur compte postal dans les conditions prévues à l'arrêté royal du 25 février 1913, instituant le service des chèques et virements postaux (1).

**Transfert et clôture des comptes.** — Le titulaire peut demander, à toute époque, le transfert ou l'apurement de son compte. Le Service des chèques peut prononcer d'office la clôture d'un compte courant, notamment lorsqu'un ou plusieurs chèques postaux ont été tirés par le titulaire sans provision suffisante.

En cas de décès, le montant net de l'avoir restant en compte, y compris le dépôt de garantie, est remboursé aux ayants-droit sur le vu d'un certificat de propriété.

**Opérations de crédit et de débit des comptes courants.** — Les opérations enregistrées aux comptes courants sont de trois sortes : 1° les versements ; 2° les paiements ; 3° les virements.

*Versements.* — Les versements en numéraire sont effectués dans les bureaux de poste ou par l'intermédiaire des facteurs desservant les localités dépourvues de bureau, soit directement par le titulaire du compte, soit à son profit, par des tiers, au moyen d'un mandat-carte spécial.

Il n'est pas fixé de maximum pour les versements. Les recettes auxiliaires et les distributions auxiliaires sont seulement chargées de l'émission, au profit des titulaires de comptes, de mandats-cartes de versement ne dépassant pas 300 frs.

Les mandats et bons de poste français et les mandats internationaux sont portés, sans frais, au crédit du compte courant du bénéficiaire sur la production des titres accompagnés d'un bordereau d'envoi établi par le titulaire et adressé au bureau de chèques détenteur du compte.

---

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1913.

Digitized by Google

*Payements.* — Les comptes courants sont débités au moyen de formules appelées *chèques postaux* qui portent, suivant le cas, les dénominations suivantes : *chèque nominatif*, lorsqu'il est émis par le titulaire du compte et à son profit ; *chèque d'assignation*, quand il est tiré au profit de tiers ; *chèque de virement*, lorsque son montant doit être inscrit au crédit d'autres titulaires de comptes courants.

Le chèque postal doit être signé par le tireur et indiquer la date et le lieu d'émission ainsi que la somme en toutes lettres et en chiffres pour laquelle il est tiré.

Les bureaux de chèques transforment en mandats-cartes les chèques nominatifs et les chèques d'assignation. Dans le cas où le chèque est assigné en payement au profit de plusieurs bénéficiaires, le tireur établit les mandats-cartes représentatifs du montant du chèque et les adresse en même temps que le chèque au bureau détenteur du compte à débiter.

Les chèques postaux peuvent être assignés sur un ou plusieurs établissements de poste ne participant pas au service des mandats-cartes, ainsi que sur les bureaux étrangers ; dans ces divers cas, il est fait emploi des formules de mandats ordinaires.

Le maximum des chèques nominatifs et d'assignation est de 100.000 fr. ; si le montant d'un chèque nominatif dépasse 10.000 fr., un préavis doit être adressé au bureau de chèques, quarante-huit heures au moins avant que le chèque ne parvienne à ce bureau. Il en est de même pour un chèque postal assigné en payement au profit de plusieurs bénéficiaires, lorsque le montant des mandats-cartes payables par un même bureau est supérieur à 10.000 frs.

Le montant des mandats-cartes émis par les bureaux de chèques à destination des établissements de facteur-receveur ne doit pas excéder 5.000 fr.

Il peut être mis opposition entre les mains du chef comptable du bureau détenteur des comptes courants, au payement des sommes dues par le service des chèques.

*Virements.* — Le chèque de virement est revêtu par le tireur du nom du ou des bénéficiaires, du numéro du compte et de l'in-

Digitized by Google

dication du bureau détenteur du compte. Un bordereau annexe est établi si le chèque comporte plusieurs virements. Il n'est pas fixé de maximum pour le montant des virements.

Après examen du chèque et, le cas échéant, du bordereau de virement, les virements sont portés au crédit des comptes courants par le ou les bureaux détenteurs de ces comptes.

Le titulaire d'un compte courant peut demander par écrit que le montant des fonds excédant un minimum fixé par lui soit viré *d'office* par le bureau de chèques au compte d'un autre titulaire. Cette faculté qui permet au détenteur d'un compte courant postal de limiter à sa convenance le maximum des disponibilités à conserver, contribuera, certainement, au développement des opérations de virement.

Des dispositions qui précèdent, il résulte que le crédit des comptes courants se compose du montant des versements effectués soit par le titulaire, soit par des tiers à son profit et du montant des virements prescrits au profit des détenteurs de ces comptes par d'autres titulaires.

Au débit des comptes courants sont portés les retraits ordonnés au moyen de chèques tirés par le titulaire de compte, soit à son profit, soit au profit de tiers et les virements au crédit d'autres comptes.

En outre, le montant des taxes et redevances est inscrit au débit des comptes.

Le délai de validité du chèque postal est de dix jours : à l'expiration de ce délai, il est renvoyé au titulaire du compte. Si le chèque n'est pas suivi d'effet pour une cause quelconque, il ne peut donner lieu à protêt et est remis au tireur avec les explications utiles.

**Différences entre le chèque postal et le chèque de banque.** — Le chèque postal ne constitue, en réalité, qu'un ordre de payement au profit du bénéficiaire ; il n'est pas négociable et le non-payement ou le retard dans le payement n'engagent pas la responsabilité du service des chèques.

Le chèque postal, qui n'est pas soumis aux dispositions légales concernant le chèque ordinaire, en diffère essentiellement ; trans-

Digitized by Google

missible par endossement, le chèque de banque est payable à présentation ; de plus, l'acquit doit être exigé et toute irrégularité dans l'émission ou le paiement est passible d'une amende, sans préjudice des peines correctionnelles. Ces dispositions ne sont pas applicables au chèque postal.

D'autre part, le compte courant postal ne constitue qu'une comptabilité d'opérations de versement, payement ou virement de fonds ; contrairement au compte en banque, il ne produit pas d'intérêt ; il n'y a donc pas à redouter une accumulation importante de capitaux. Les opérations portées aux comptes courants de banques sont diverses et comprennent des souscriptions à des émissions d'emprunts, des ordres de bourse, des escomptes de valeurs, des encaissements d'effets de commerce, des avances sur titres.

Les objections qui avaient été formulées à l'encontre de l'institution du service des comptes courants et chèques postaux ne peuvent, désormais, être retenues. Les deux organisations peuvent coexister et, loin de se faire concurrence, elles contribueront, mutuellement, à leur développement particulier, ainsi que l'expérience, à l'étranger, l'a démontré.

**Avis de crédit et de débit.** — Le titulaire d'un compte courant est avisé, chaque jour, des opérations enregistrées à son compte, ainsi que du montant des chèques porté au débit de son compte.

Les coupons des mandats-cartes de versement et les avis notificatifs des virements passés au crédit de son compte lui sont adressés.

A l'issue de chaque quinzaine, l'avoir net du compte est notifié au titulaire, déduction faite des taxes et redevances liquidées au cours de cette période.

Des avis hebdomadaires, bi-hebdomadaires ou quotidiens, ainsi que la notification à une date déterminée du solde ou une copie du compte courant peuvent être demandés moyennant les redevances mensuelles indiquées ci-dessous.



Digitized by Google

**Taxes et redevances.** — Le prix de vente aux titulaires de comptes courants, des formules de mandats et de chèques, réunies en carnets, est fixé à 0 fr. 01 la formule de mandat de versement ou de mandat d'assignation et à 0 fr. 02 la formule de chèque de payement ou de virement.

Les formules de mandats de versement demandées en nombre supérieur à 50, dans les bureaux de poste, sont vendues à raison de 0 fr. 50 le cent.

Le prix de la liste des titulaires de comptes courants est fixé provisoirement à 1 franc l'exemplaire.

Les mandats-cartes du service des chèques, déposés par des tiers, sont passibles des droits ordinaires, la taxe de factage exceptée.

Les versements effectués directement par les titulaires, sur leurs comptes et au bureau de poste de leur domicile, exclusivement, les retraits au moyen de chèques nominatifs émis par les titulaires, à leur profit, et les virements, donnent lieu à la perception d'une taxe fixe de 0 fr. 10 pour chaque opération.

Les redevances mensuelles pour communications supplémentaires sont les suivantes : 0 fr. 25 pour l'avis hebdomadaire, 0 fr. 75 pour l'avis bi-hebdomadaire, 2 fr. 50 pour l'avis quotidien.

La notification du solde du compte à une date déterminée est faite moyennant une redevance de 0 fr. 25. La copie du compte pendant une période donne lieu à une redevance de 1 franc par 100 opérations ou fraction de 100 opérations comprises dans la copie.

Les correspondances et les diverses pièces relatives au service des chèques postaux sont admises à circuler en franchise.

**Responsabilité.** — Le service des chèques est responsable des sommes reçues pour être portées au crédit des comptes courants ; il n'encourt aucune responsabilité pour les retards survenus dans l'exécution du service.

Aucune réclamation n'est admise concernant les opérations ayant plus de trois ans de date.

Digitized by Google

Le service des chèques n'est pas responsable des conséquences pouvant résulter des changements dans la condition civile ou la situation du titulaire d'un compte courant qui ne lui ont pas été notifiés.

Les conséquences résultant de l'emploi abusif de la perte ou de la disparition de formules de chèques incombent au titulaire du compte. Le tireur est responsable du faux payement ayant lieu à la suite d'indications d'assignation inexactes ou incomplètes.

**Personnel.** — Le personnel prévu pour le contrôle et l'exécution du service dans les bureaux de chèques postaux ne comprend que 200 fonctionnaires et agents. La vérification des opérations, la tenue des comptes courants, l'établissement des avis de crédit et de débit exigeront un effort soutenu de la part du personnel. Il conviendra d'alléger sa tâche par l'emploi de perforatrices, de machines à additionner et de classeuses électriques au moyen de cartes perforées, analogues à celles qui sont utilisées aux États-Unis pour la vérification des articles d'argent et de la comptabilité.

**Service international.** — Des services de comptes courants et de chèques postaux fonctionnent dans les Offices étrangers ci-après : Autriche (1883), Hongrie (1890), Suisse (1906), Allemagne (1908), Luxembourg (1911), Belgique (1913).

Des arrangements ayant pour objet un service réciproque de chèques et virements postaux avaient été conclus entre les administrations des pays précités. Ce service suspendu du 4 août au 15 décembre 1914 a été repris, sauf avec la Belgique.

Il n'est pas douteux que de nouvelles conventions relatives aux chèques internationaux interviendront dès que les circonstances le permettront. C'est, d'ailleurs, dans cette éventualité que l'appellation de « chèques postaux » usitée à l'étranger a été donnée, en France, aux formules au moyen desquelles le titulaire d'un compte courant dispose des sommes inscrites à son crédit.

Digitized by Google

La Commission interparlementaire du Commerce et la Conférence économique des alliés réunies à Paris, en avril 1916, ont émis le vœu que le chèque postal international soit généralisé.

Il est incontestable que la réalisation de ce projet, dès l'achèvement de la guerre, ne pourrait que contribuer à la renaissance économique des pays alliés.

Digitized by Google

# LE DYNATRON ET LE PLIODYNATRON

Dans un article du numéro de février 1918 des *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, M. Albert Hull décrit un tube à vide à 3 électrodes, nommé le Dynatron, qui a été étudié dans les laboratoires de la General Electric Company (Schenectady, États-Unis) et qui possède d'intéressantes propriétés.

Ce tube (fig. 1), comme les amplificateurs ordinaires souvent appelés pliotrons, comporte un filament chauffé par une batterie d'accumulateurs et dont le rôle est d'émettre des électrons — une plaque portée à un potentiel positif relativement faible (variable de 0 à 200 volts) par rapport au potentiel du pôle négatif du filament, pris comme zéro — et une 3e électrode, nommée anode, intercalée entre le filament et la plaque et située à petite distance de la plaque. Cette 3e électrode est portée à un potentiel positif très élevé et invariable. Elle est constituée soit par une spirale de fil de gros diamètre enroulée autour du filament, soit par une plaque percée de trous.

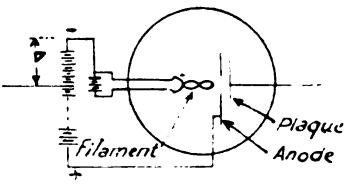


Fig. 1. — Dynatron.

Il existe donc, à l'intérieur du tube, deux champs électriques que, pour la clarté des explications, nous pouvons appeler primaire et secondaire. Les lignes de force du 1er vont de l'anode vers le filament et celle du 2e vont de l'anode vers la plaque. Le champ primaire a, dans le fonctionnement normal du dynatron, une intensité constante, puisque la différence de potentiel entre l'anode et le filament conserve une valeur positive élevée et invariable. Au contraire, l'intensité du champ électrique secondaire varie suivant la valeur de la différence de potentiel que l'on établit entre la plaque et le pôle négatif du filament.

Les électrons émis par le filament (que nous appellerons élec-

Digitized by Google

trons primaires et qui sont des petits corpuscules chargés d'électricité négative) remontent les lignes de forces du champ primaire en allant du filament vers l'anode. Quelques-uns traversent l'anode, en passant par les trous que cette anode présente, et pénètrent dans le champ secondaire, grâce à la vitesse qu'ils ont acquise dans le champ primaire. Mais ce champ secondaire (dirigé de la plaque vers l'anode) s'oppose au mouvement vers la plaque de ces électrons. Ce champ secondaire est d'autant moins intense que le potentiel positif de la plaque par rapport au filament a des valeurs plus élevées (puisqu'il en résulte alors des valeurs plus faibles pour la différence de potentiel entre l'anode et la plaque). Par suite, si l'on accroît de plus en plus le potentiel de la plaque, les électrons primaires qui, ayant franchi l'anode, atteignent la plaque, deviennent de plus en plus nombreux. Le courant dans le circuit filament - plaque (compté positivement de la plaque vers le filament à l'intérieur du tube) d'abord nul, croît progressivement avec le potentiel de la plaque (partie ascendante O A de la courbe de la fig. 2).

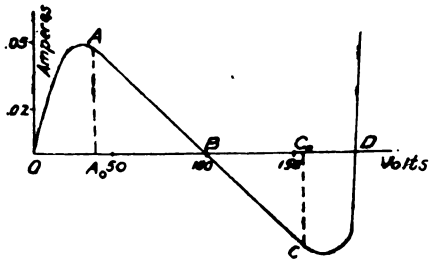


Fig. 2. — Caractéristique d'un dynatron.

Rappelons que le sens de la circulation des électrons est toujours opposé au sens choisi pour le courant électrique car les électrons sont des charges électriques négatives.

Pour 25 volts sur la plaque, tous les électrons primaires qui traversent l'anode atteignent la plaque : le courant primaire est maximum. Si nous augmentons le voltage de la plaque, nous n'augmentons pas le nombre des électrons primaires atteignant la plaque, mais nous diminuons l'intensité du champ secondaire qui joue à l'égard de ces électrons primaires un rôle de frein, et par suite nous enlevons de moins en moins d'énergie cinétique à ces électrons primaires pendant leur trajet de l'anode à la plaque, de sorte qu'ils bombardent la plaque avec une violence croissante.

Digitized by Google

Leur choc ne tarde pas à devenir suffisamment brutal pour disloquer les molécules de la plaque qui, à son tour, commence à émettre des électrons, de même qu'une pierre frappée par un obus se disloque et vole en éclats. Ces électrons émis par la plaque sous l'influence du choc des électrons primaires sont appelés par M. Hull électrons secondaires. Sous l'influence du champ électrique secondaire, ils se dirigent, aussitôt émis, de la plaque vers l'anode et constituent ainsi un courant électrique secondaire de sens opposé au courant des électrons primaires. Par suite, le courant résultant dans le circuit filament-plaque va cesser de croître pour décroître. Pour 100 volts sur la plaque, il y a autant d'électrons primaires que d'électrons secondaires et le courant résultant est nul (Point B, fig. 2). Pour des voltages de plaque supérieurs, il y a plus d'électrons secondaires émis par la plaque et attirés par l'anode que d'électrons primaires atteignant la plaque à travers l'anode ; le courant résultant s'inverse et prend des valeurs négatives de plus en plus grandes en valeur absolue.

Ce phénomène est tout à fait comparable à celui qu'on observerait en dirigeant un jet d'eau puissant vers un seau plein d'eau. Le jet, s'il est suffisamment fort, au lieu d'accroître la quantité d'eau contenue dans le seau, videra partiellement celui-ci en faisant jaillir en gerbe l'eau qu'il contenait. De même le faisceau d'électrons primaires, en bombardant la plaque, fait rejaillir les électrons, dits secondaires, que la plaque contient initialement entre ses molécules et dans ses molécules (théorie électronique des métaux).

A mesure que le champ électrique secondaire décroît, le nombre des électrons secondaires augmente, mais comme la force qui tend à les mettre en mouvement (proportionnelle à l'intensité du champ secondaire) diminue, ils atteignent de plus en plus difficilement l'anode. Ceci explique que pour des voltages de plaque supérieurs à 150 volts, le courant résultant cesse de décroître pour croître en prenant des valeurs négatives de plus en plus petites en valeur absolue, puis tende très rapidement vers une valeur limite positive correspondant au nombre total des élec-

Digitized by Google

trons primaires : cette valeur limite est atteinte lorsque le champ secondaire est trop faible pour mettre en mouvement les électrons secondaires émis par la plaque et que seuls les électrons primaires entrent en jeu.

La caractéristique du dynatron, c'est-à-dire la courbe du courant traversant le dynatron en fonction de la différence de potentiel établie entre ses électrodes (filament et plaque), courbe représentée sur la fig. 2, présente donc entre les points A et C une partie tombante pour laquelle le courant décroît linéairement lorsque le voltage croît, suivant la formule $i = \frac{E}{\bar{r}} + io$ : $io$ et $\bar{r}$ étant des constantes et $\bar{r}$ étant une quantité négative. Comme la constante $io$ n'intervient pas lorsque l'on n'envisage que des variations de courant et de tension, ce qui est le cas des applications usuelles, on peut admettre que le dynatron (pour certaines conditions de fonctionnement correspondant à la partie rectiligne tombante AC de la caractéristique) se comporte *comme une résistance ohmique négative*.

En raccordant en série avec le dynatron une pile ayant un voltage Vo égal à celui pour lequel le courant dans le dynatron est nul, c'est-à-dire en se plaçant au point B de la caractéristique, on peut d'ailleurs faire disparaître le terme constant $io$, et on obtient une véritable résistance négative pour laquelle $i = \frac{E}{\bar{r}}$. Si donc l'on suppose que l'on enferme dans une boîte le dynatron avec sa batterie de chauffage du filament et sa batterie donnant à l'anode un potentiel positif élevé par rapport au filament, et si l'on fait sortir de cette boîte deux fils raccordés l'un à la plaque et l'autre au point de la batterie d'anode possédant un potentiel Vo par rapport au pôle négatif du filament, — si l'on établit entre ces 2 fils un voltage variant de O à $\overline{B\ A}\ o$ ou de O à $\overline{B\ C}\ o$ (fig. 2), c'est-à-dire environ de — 50 à + 50 volts, de part et d'autre du point B, tout se passera comme si ces 2 fils étaient les extrémités d'un conducteur doué de résistance non-inductive négative $\bar{r}$, dont la grandeur $r$ est égale à la pente de la partie rectiligne AC de la caractéristique (fig. 2).

Digitized by Google

En augmentant la température du filament, on ne change pas l'intervalle de potentiel, dans lequel le dynatron fonctionne comme une résistance négative $\overline{r}$, mais l'on diminue la grandeur $r$ de cette résistance négative (fig. 5).

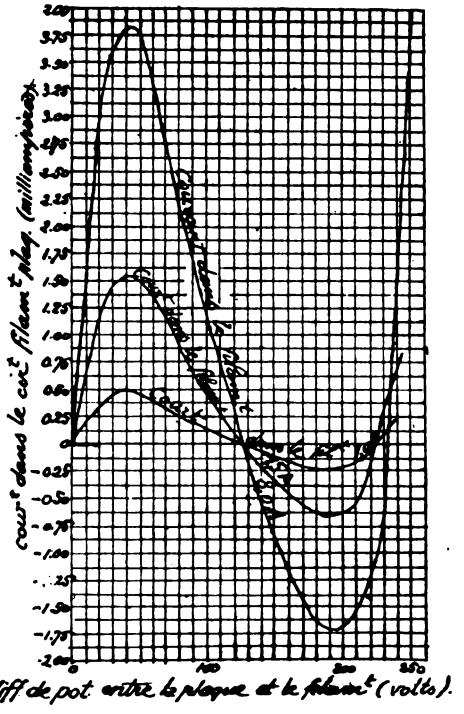



Fig. 5. — Caractéristiques d'un même dynatron pour différentes températures du filament (correspondant à des courants de chauffage $7^{A},0 - 7^{A},5 - 8^{A},0$).

En élevant le potentiel positif de l'anode (figures 3 et 4), on augmente l'étendue de l'intervalle dans lequel le dynatron joue le rôle de résistance négative, sans modifier la valeur de cette résistance négative (surtout dans le cas des lampes dont la caractéristique est représentée sur la fig. 4) — et sans trop influer, au moins pour certaines lampes convenablement établies (cas de la figure 3) sur la position du point de fonctionnement correspondant au courant résultant nul.

Le dynatron fonctionnant comme une résistance négative, se

Digitized by Google

comporte dans de nombreuses applications comme un générateur d'énergie électrique de type série (voltage proportionnel au cou-

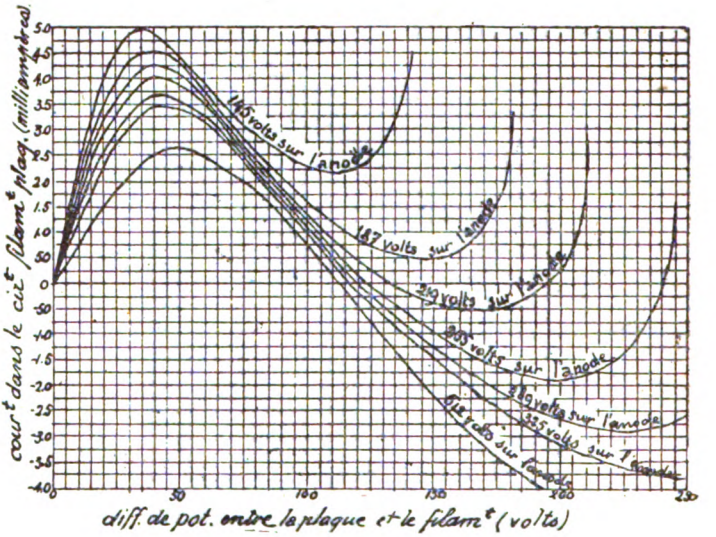



Fig. 3. — Caractéristiques d'un même dynatron pour différentes valeurs du potentiel de l'anode.

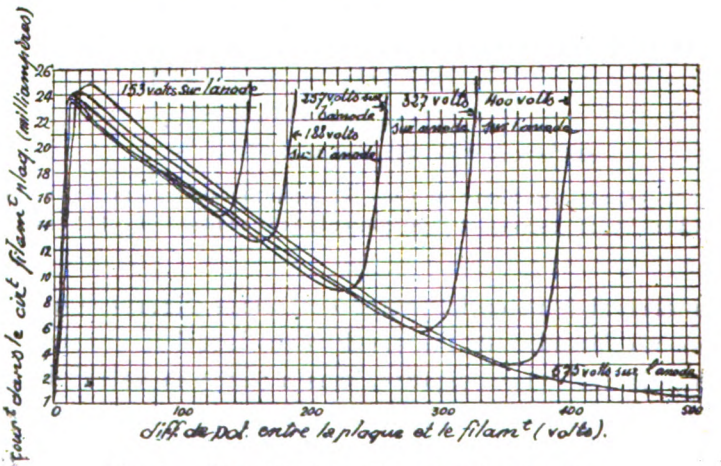



Fig. 4. — Caractéristiques d'un même dynatron pour différentes valeurs du potentiel de l'anode.

rant qui le traverse) présentant l'avantage de ne posséder aucune hystérésis, aucun retard, contrairement aux autres générateurs

Digitized by Google

et aux dispositifs fondés sur l'ionisation des gaz. Il se prête très bien à toutes les applications classiques des résistances négatives.

1° *Amplificateur de voltage.* — Placé en série avec une résistance non-inductive positive R (figure 6), il peut servir à réaliser un *amplificateur de voltage* : si l'on applique en effet aux bornes de ce circuit une tension faible E, et si l'on désigne par $e_1$ et $e_2$ les tensions aux bornes de la résistance R et du dynatron (de résistance négative $\bar{r}$), on doit avoir : $e_1 = I\,R$

$$e_2 = I\,\bar{r}$$

$$\text{et } E = I\,(\bar{r} + R)$$

d'où :

$$\frac{e_1}{E} = \frac{R}{\bar{r} + R}$$

Le voltage $e_1$ sera donc très grand alors que E est petit si $r$ est voisin de R.

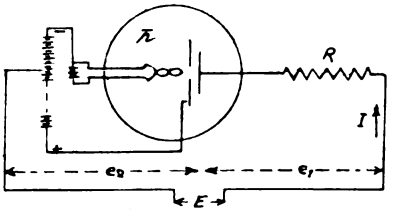



Fig. 6. — Montage d'un dynatron en amplificateur de voltage.

2° *Amplificateur de courant.* — Mis en parallèle avec une résistance non-inductive et positive R, le dynatron permet de réaliser un amplificateur de courant (figure 7), $i_1$ étant le courant dans la résistance R, $i_2$ le courant dans le dynatron et I le courant total, on doit avoir :

$$\frac{i_1}{I} = \frac{\bar{r}}{\bar{r} + R}$$

et par suite, bien qu'I soit faible, $i_1$ sera grand si $r$ est voisin de R.

3° *Générateur d'oscillations.* — Si le dynatron est mis en série avec un circuit oscillant contenant une résistance R, une induc-

Digitized by Google

tance L et une capacité C (figure 8), le facteur d'amortissement de ce circuit est réduit de la valeur $\frac{R}{2L}$ à la valeur résultante

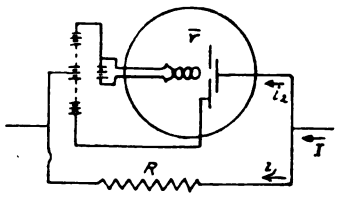


Fig. 7. — Montage d'un dynatron en amplificateur de courant.

$\frac{R}{2L} - \frac{1}{2rC}$, où $r$ représente la valeur absolue de la résistance négative $\bar{r}$ du dynatron — et la fréquence des oscillations naturelles de ce circuit prend la valeur :

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{CL} - \left(\frac{R}{2L} - \frac{1}{\bar{r}C}\right)^2}$$

dans laquelle le terme entre parenthèses sous le radical est en général négligeable.

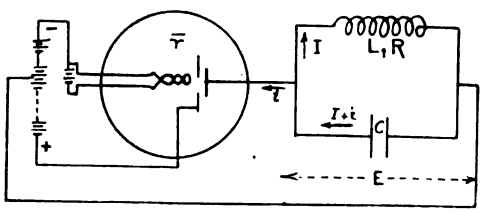


Fig. 8. — Montage d'un dynatron en générateur d'oscillations électriques.

Si la valeur résultante du facteur d'amortissement est positive et très petite (cas où $Rr > \frac{L}{C}$ et peu différent de $\frac{L}{C}$), la présence du dynatron aura pour conséquence de faire persister très longtemps une oscillation quelconque induite dans le circuit oscillant.

Si la valeur résultante du facteur d'amortissement est négative (cas où $Rr < \frac{L}{C}$) le circuit oscillera de lui-même indéfiniment ; les oscillations ainsi obtenues sont presque parfaitement sinu-

Digitized by Google

soïdales si $\frac{L}{C}$ est très voisin de R$r$ et présentent de plus en plus de distorsion à mesure que le rapport de $\frac{L}{C}$ à R$r$ augmente. L'amplitude de ces oscillations n'est limitée que par la longueur de la portion de la caractéristique pour laquelle le dynatron fonctionne comme une résistance négative. On obtient ainsi un remarquable générateur d'oscillations électriques qui donne des oscillations dont la fréquence varie de 20.000.000 à 1 suivant les valeurs respectives de R, $r$, L et C (la fréquence limite de 20.000.000 étant obtenue en court-circuitant simplement le dynatron au moyen de quelques spires de gros fil). Ce générateur peut servir en particulier pour la réception radiotélégraphique hétérodyne.

4° *Application à la radiotéléphonie.* — Le fonctionnement du dynatron peut être commandé au moyen d'un champ magnétique parallèle au filament et par suite parallèle à l'axe de la spirale de gros fil constituant l'anode et à l'axe du cylindre métallique constituant la plaque. Un tel champ a pour effet de contrarier à la fois l'action du champ électrique primaire et du champ électrique

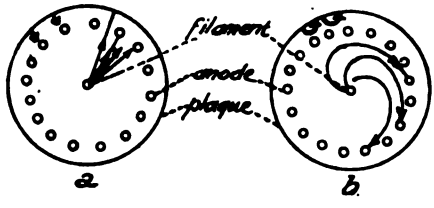



Fig. 9. — Effet d'un champ magnétique parallèle au filament sur les trajectoires des électrons à l'intérieur du dynatron.

secondaire en courbant les trajectoires des électrons primaires et secondaires (trajectoires qui sont rectilignes en l'absence du champ magnétique) (fig. 9 *a* et 9 *b*), de sorte que le nombre des électrons primaires atteignant la plaque diminue ainsi que le nombre des électrons secondaires qui réussissent à quitter la plaque. Sous l'influence de ce champ magnétique, la partie tombante de la caractéristique tend à se transformer en partie ascendante (fig. 10) et le dynatron à jouer le rôle de résistance positive au lieu de résistance négative.

Digitized by Google

Cette commande magnétique du dynatron peut trouver dans la radiotéléphonie une application intéressante : le courant microphonique, en traversant l'enroulement de deux bobines de champ, placées de part et d'autre du dynatron, peut, en effet, créer un

Fig. 40. — Caractéristiques d'un même dynatron pour différentes valeurs de l'intensité du champ magnétique créé à l'intérieur du dynatron.

champ magnétique dont la direction est parallèle au filament et dont l'intensité varie suivant les modulations de la parole. Dans ces conditions, l'amplitude des oscillations engendrées par le dynatron, qui est fonction de la longueur de la portion rectiligne tombante de la caractéristique, variera avec l'intensité du champ magnétique (fig. 10) et, par suite, suivra également les modulations de la parole. L'énergie nécessaire pour établir le champ magnétique voulu est petite et peut fort bien être fournie par un microphone puissant. Malheureusement l'impédance des bobines de champ fait obstacle aux harmoniques élevés de la parole, de sorte que la netteté de l'articulation en souffre.

Au lieu de commander le fonctionnement du dynatron générateur d'ondes au moyen d'un champ magnétique, on peut utiliser un champ électrique, dû à la présence d'une quatrième électrode, située à proximité du filament, entre celui-ci et l'anode, et constituée au moyen de fils fins comme la grille des amplificateurs ou pliotrons ordinaires.

M. Hull appelle pliodynatron un dynatron ainsi pourvu d'une 4e électrode ou électrode de commande, car le tube, agencé de cette manière, participe à la fois du pliotron et du dynatron. En faisant varier le potentiel de cette 4e électrode par rapport au filament, on fait varier le nombre des électrons primaires allant du filament à l'anode (qui joue le rôle d'une plaque d'amplificateur ordinaire portée à un potentiel positif élevé et constant par

Digitized by Google

rapport au filament, la 4e électrode constituant la grille de cet amplificateur). C'est exactement comme si l'on faisait varier,

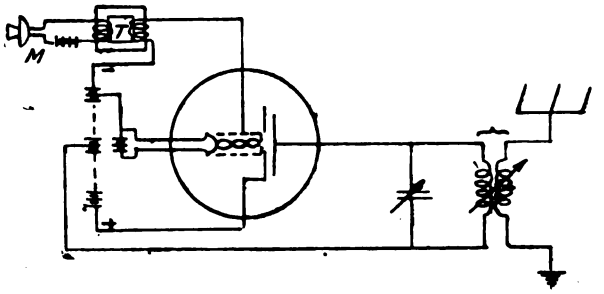


Fig. 11. — Montage d'un pliodynatron pour la radiotéléphonie.

dans un dynatron simple, la température du filament (fig. 5), ce qui modifie la valeur de la résistance négative du dynatron $r$

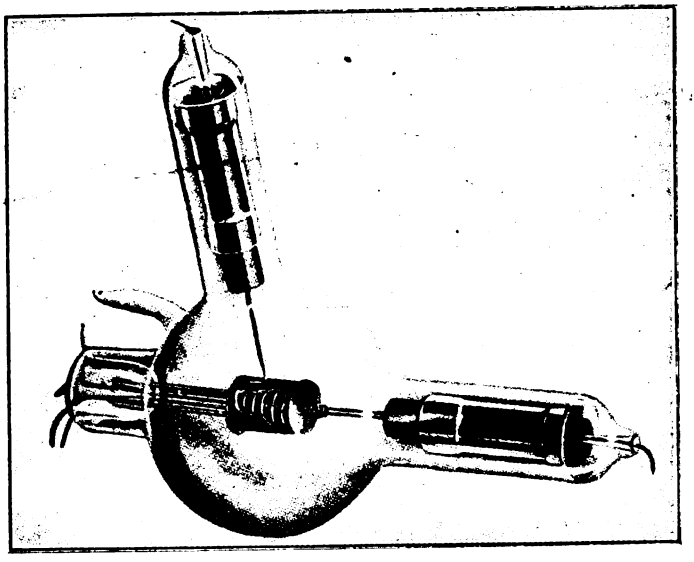


Fig. 12. — Aspect extérieur d'un dynatron.

sans changer l'intervalle de potentiel dans lequel fonctionne ce dynatron. En d'autres termes, un pliodynatron se comporte comme un dynatron de résistance négative $\bar{r}$ variable suivant la loi $\bar{r} =$

Digitized by Google

$\frac{\bar{r}_0}{v}$ où $v$ désigne le voltage de la 4e électrode de commande par rapport au filament et où $\bar{r}_0$ désigne une quantité négative constante.

On peut donc obtenir un dispositif très intéressant de radiotéléphonie, en raccordant d'une part la grille et le filament d'un pliodynatron au secondaire d'un transformateur dont le primaire fait partie d'un circuit microphonique, et d'autre part la plaque et le filament du pliodynatron à un circuit oscillant couplé avec l'antenne (fig. 11). Avec un tube de ce genre donnant environ 10 watts de débit, il a été possible, dit M. Hull, de radiotéléphoner à une distance de 16 milles (26 km.) avec une bonne netteté et un volume de parole très suffisant. Les pliodynatrons les plus puissants que l'on ait étudiés jusqu'à ce jour donnent un débit de 60 watts.

Digitized by Google

# Etude sur l'anti-induction des circuits construits en diagonale

PAR M. CORNET,
Ingénieur des Postes et Télégraphes,

Précédée d'une note de M. l'Ingénieur en Chef, POMEY.

*Le mémoire de M. Cornet, ingénieur, sur le problème de l'anti-induction des fils et circuits ouvre des voies nouvelles. La question intéresse le personnel de tout grade de l'Administration des Postes et Télégraphes, tant les ouvriers des lignes qui ont à effectuer les croisements, œuvre d'attention, de soin et d'art, que les employés du service téléphonique qui savent tous les troubles qu'apporte à l'exploitation une mauvaise anti-induction ; enfin il intéresse plus encore les industriels qui vont être amenés à construire des câbles contenant sous une enveloppe de dimensions réduites un nombre de plus en plus grand de circuits parfaitement équilibrés et anti-inductés. Le développement de l'industrie des câbles de grande capacité, au point de vue du nombre des conducteurs, dépend essentiellement d'une bonne méthode, dans l'exécution des rotations destinées à réaliser l'anti-induction. De grandes usines américaines ont fait breveter des dispositions spéciales, d'autres tiennent secrets leurs procédés. C'est dire quelle est la portée économique des études entreprises à ce sujet.*

*Bien que l'auteur ait employé la notation des quantités imaginaires, on peut cependant ne pas s'effrayer outre mesure de cette nouveauté, car en réalité, il n'a pas eu besoin de faire appel aux propriétés algébriques des quantités complexes. Il ne se sert que de la loi de réduction ou de périodicité des quantités $i$, $i^2$, $i^3$, $i^4$, etc. qui reforment périodiquement la série $i - 1 - i + 1$. Au fond, on a tout simplement à envisager dans cette théorie les positions relatives de divers circuits les uns par rapport aux autres ; les*



Digitized by Google

*solutions définitives exigeront une vue profonde des réalités, de l'intuition et de la pénétration ; mais il n'est aucunement indispensable de recourir à un appareil mathématique plus ou moins compliqué et il n'est pas besoin de revêtir de formules algébriques les raisonnements qu'on fait.*

*Cette observation ne saurait diminuer en rien le mérite de M. Cornet, qui a pris une très heureuse initiative en utilisant à ses fins un puissant instrument de recherches. Elle a seulement pour objet d'apaiser le lecteur et de l'inviter à apporter à l'œuvre entreprise sa part de méditation, quel que soit son degré d'instruction mathématique.*

*Le présent mémoire donne des définitions précises de la période, des sections, des rotations anormales, des intervalles, des éléments communs, de la périodicité commune. A toute science nouvelle, il faut une terminologie spéciale. Il est désirable que l'accord se fasse sur les bases de ce travail fondamental.*

*L'auteur traite en premier lieu le cas simple d'un fil télégraphique en présence d'un circuit soumis à une loi quelconque de rotation. Il ramène à ce cas celui des circuits et successivement il envisage le cas des circuits combinés ou appropriés ; il réduit chaque espèce nouvelle en éléments empruntés aux espèces antérieurement analysées. Cet enchaînement méthodique lui sert de fil d'Ariane dans l'exploration d'un domaine dont la complication paraît parfois inextricable.*

*Tout le monde sait l'histoire de la tiare de Saïta Pharnès et comment cet objet d'art fut faussement considéré comme authentique, jusqu'au jour où la fraude fut découverte, l'artiste et les documents archéologiques dont il s'était manifestement inspiré ayant été trouvés. Cependant c'est à juste titre que l'authenticité a été admise et c'est au contradicteur qu'incombe la preuve. C'est ainsi que, conformément à une opinion émise par Fermat, tout le monde a considéré comme des nombres premiers les nombres de la forme*

$$2^{2^n} + 1$$

*jusqu'au jour où Euler a démontré que $2^{32} + 1$ est divisible par*

Digitized by Google

*641. De même, nous devons tenir pour exactes les diverses lois que l'on admet d'ordinaire comme nécessaires et suffisantes pour une bonne anti-induction* (1); *mais on sera heureux de trouver la démonstration de la plupart de ces résultats dans le travail de M. Cornet.*

*Ce travail me suggère une autre réflexion, celle-ci concernant les coefficients d'induction mutuelle. L'électricité se comportant comme un fluide incompressible, les filets de courant sont toujours fermés sur eux-mêmes. On ne peut donc pas parler d'inductance mutuelle si on se borne à considérer deux portions de fils parallèles. Cependant l'auteur a raison de dire que le calcul établit ce résultat intéressant, que, dans le cas de circuits, la valeur finale du coefficient de self-induction sera suffisamment correcte, en appliquant la formule qu'il donne pour M, successivement aux divers éléments des circuits ; il faut seulement se rappeler que M n'a qu'un rapport arbitraire avec l'énergie électromagnétique en jeu.*

*D'autre part, quand il s'agit d'un fil télégraphique qui prend terre à ses deux extrémités, on est assez embarrassé pour appliquer la formule, dans l'ignorance où l'on est de la répartition et du tracé des filets, qui suit le courant de retour à l'intérieur du sol.*

*Pour se rendre compte de ce qui peut se passer, on a imaginé deux distributions particulières du courant de retour. Dans l'une d'elles, le courant revient à la surface du sol dans une bande conductrice très mince où il est uniformément réparti. Le flux d'induction magnétique dépend de la largeur de la bande ; il commence par décroître quand la bande s'élargit, mais ensuite il augmente et même suivant une loi logarithmique.*

*Dans l'autre, on assimile deux fils télégraphiques AB, A' B parallèles et voisins à deux côtés parallèles de deux cadres rectangulaires de très grandes dimensions situés dans le même plan.*

---

(1) Plusieurs lois très intéressantes ont été trouvées et énoncées par M. Drouet, Ingénieur. Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, juin 1917.

Digitized by Google

*Le calcul montre alors que le coefficient d'induction mutuelle ne doit pas s'écarter beaucoup de la valeur*

$$M = 2\,l\left(\log\frac{2\,l}{d} - 2\right)$$

*l étant la longueur des fils et d leur distance ; si a et b sont les longueurs des autres dimensions respectivement du premier et du second cadre, il y a en réalité à ajouter un terme correctif :*

$$2\,l\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} - \frac{1}{a+b}\right).$$

*qu'on doit généralement considérer comme négligeable. En somme, le problème de la détermination correcte du coefficient d'induction mutuelle de deux fils télégraphiques ne peut être considéré encore comme résolu d'une façon satisfaisante. Quand les circuits métalliques ne sont pas fermés, il faut recourir aux équations générales du champ électromagnétique.*

*Pour terminer, je relèverai deux erreurs qui sont, sans doute, des erreurs d'inadvertance.*

*Je trouve (page 296) qu'il faudrait écrire :*

*Cas de* $n = p + \varepsilon = 4\lambda + 2 \qquad \varepsilon = 1$
*pour* $K = 4m$, $E' = i - 2\,(-1 + a)$ *au lieu de* $i + 2\,(1 + a)$
*pour* $K = 4m + 3$, $E' = -\,((1 - 2a)\,i - 2)$ *au lieu de*
$-\,((1 + 2a)\,i - 2)$.

*Cela, d'ailleurs, ne tire pas à conséquence.*

POMEY.

L'induction électromagnétique des circuits téléphoniques sous l'action des fils électriques voisins est généralement bien faible, particulièrement l'induction de circuit à circuit, elle-même minime au regard de l'induction télégraphique la plus facile à combattre. Il semble, en effet, que les courants perturbateurs sont plus souvent dus à un déséquilibre des circuits dans l'isolement ou la résistance de leurs fils ou, quelquefois à une induction électrostatique qu'à une induction purement électro-magnétique.

L'étude suivante qui traite uniquement de l'induction électro-magnétique présente donc un intérêt surtout théorique. Il n'en est pas

Digitized by Google

moins vrai que sur de longs parcours cette induction peut n'être plus négligeable, notamment l'induction télégraphique et celle de plus en plus fréquente des lignes d'énergie. La nécessité de construire les circuits en hélices à pas plus ou moins allongés n'est donc pas discutable et il n'en coûte pas plus de réaliser par la même occasion le plus grand nombre possible d'anti-inductions entre circuits simples, combinés ou appropriés.

C'est le but que s'est proposé M. Drouët dans le travail qu'ont récemment publié les *Annales*. Celui que nous avons cherché à atteindre est d'élucider la question d'un point de vue très général. Il est curieux de constater que la plupart des lois énoncées par M. Drouët pour des rotations équidistantes avec rotations anormales (supplémentaires ou supprimées) périodiques, continuent à s'appliquer à des groupes de circuits dont les quadrilatères d'armement sont différents et quelconques et dont les lois de rotation, ***absolument arbitraires***, sont supposées tout simplement périodiques.

## COEFFICIENTS D'INDUCTION MUTUELLE

Avant d'aborder l'étude des différentes anti-inductions désirables, nous dirons quelques mots des coefficients d'induction que nous aurons à utiliser, toujours pour des fils parallèles.

On trouve dans certains ouvrages des formules donnant les coefficients d'induction mutuelle entre deux fils parallèles de longueur limitée. Or, en toute logique, on ne peut parler d'induction mutuelle qu'entre deux circuits fermés. Si les formules en question sont en somme la traduction et l'extension des lois infinitésimales admises entre éléments de courant, il n'en faut pas moins tenir compte dans la formule intégrale de l'effet des courants de retour, sauf quand cet effet est négligeable.

Sous ces réserves, on peut décomposer l'intégrale de Neumann :

$$M = \int\int \frac{ds\, ds' \cos\theta}{r}$$

en autant de termes distincts qu'il y a de combinaisons de deux fils en présence. Si l'une des communications considérées emprunte comme retour la terre supposée parfaitement conductrice, tout se passe comme si la terre n'existant pas, le retour se faisait par un fil identique symétrique du fil considéré par rapport au sol. Comme les fils sont assez élevés au-dessus du sol comparativement à leurs distances entre eux, on aura généralement une approximation très suffisante en négligeant les termes correspondant aux courants de retour par le sol.

Digitized by Google

Ceci posé, examinons une section de longueur $l$. Le calcul montre qu'on a toujours pour le terme de l'intégrale de Neumann relatif à deux fils parallèles

$$M = 2\,l\left[\log\frac{2\,l}{R} - 1\right]$$

R désignant la moyenne distance géométrique des filets de courants qui circulent dans les deux fils

$$R = \sqrt[n]{R_1 . R_2 . \ldots . R_n}$$

Deux cas peuvent donc se présenter selon qu'il s'agit de deux fils distincts ou du même fil.

Dans le premier cas et en supposant, comme cela a toujours lieu avec des lignes aériennes, que le diamètre des fils est négligeable devant leur distance, on peut prendre pour R la distance $h$ des axes des deux fils :

$$M = 2\,l\left(\log\frac{2\,l}{h} - 1\right)$$

Dans le second cas, et avec les faibles fréquences télégraphiques ou téléphoniques pour lesquelles le courant est uniformément réparti dans toute la section des conducteurs, le calcul montre que la moyenne distance géométrique de toutes les paires d'éléments possibles pris dans l'aire de la section droite circulaire du fil de diamètre $d$ est égale à $\frac{d}{2}e - \frac{1}{4}$ et par conséquent le terme correspondant de l'intégrale de Neumann est alors :

$$M = 2\,l\left(\log\frac{2\,l}{\frac{d}{2}e - \frac{1}{4}} - 1\right) = 2\,l\left[\log\frac{4\,l}{d} - \frac{3}{4}\right]$$

Dès lors, si compliqués que soient les circuits parallèles dont nous voudrons calculer le coefficient d'induction mutuelle, nous n'aurons qu'à prendre de toutes les façons possibles un fil dans chaque circuit et appliquer à ce couple de fils l'une des deux formules précédentes ; il ne restera plus qu'à additionner les différents termes obtenus en affectant ceux-ci des signes convenables selon le sens des courants qui parcourent les différents fils.

Digitized by Google

## INDUCTION MUTUELLE DE DEUX CIRCUITS EN DIAGONALES

Les rotations des circuits téléphoniques consistent en des modifications successives de leur orientation qui ont pour but d'annuler sur des parcours restreints l'induction électro-magnétique des fils voisins de toute catégorie qui leur sont parallèles.

On peut imaginer les systèmes de rotations les plus compliqués dans la loi de succession des angles de rotation, comme dans la loi du sectionnement de la ligne. Nous nous limiterons à l'étude du système dit de *l'armement en diagonales* : on veut obtenir par un moyen simple deux circuits immédiatement combinables ; et l'on se propose à cet effet *d'antiinducter en premier lieu, l'un par rapport à l'autre, deux circuits dont les fils occupent deux à deux les extrémités des diagonales d'un quadrilatère* constitué par 4 isolateurs. On dit alors que les deux circuits forment un groupe.

Ces isolateurs ont en ligne courante des positions identiques sur tous les appuis, sauf aux poteaux de rotation où un armement spécial permet de faire passer, sans risque de contact entre fils, chaque circuit d'une diagonale à l'autre du quadrilatère entre le poteau précédent et le poteau suivant.

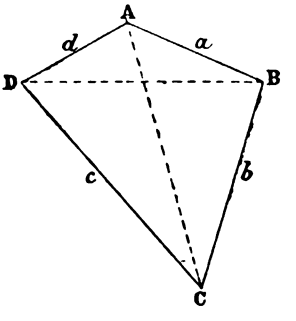


Fig. 1.

Le quadrilatère d'armement est un carré dans le système Lorain. Avec des consoles ordinaires ce peut être un rectangle, un parallélogramme ou un quadrilatère quelconque.

Soit A, B, C, D ce quadrilatère de côtés $a$, $b$, $c$, $d$. Il est facile de voir que le coefficient d'induction mutuelle du circuit A C et du circuit B D par unité de longueur est exprimé par la formule

$$M = 2 \log \frac{b\,d}{a\,c}$$

Si les diamètres d'ailleurs quelconques des fils sont suffisamment petits comparés à $a$, $b$, $c$, $d$. Après une rotation, les circuits ayant changé de diagonale, leur coefficient d'induction mutuelle devient :

$$2 \log \frac{c\,a}{b\,d} = -M$$

Digitized by Google

Après 2 rotations, il devient :

$$2 \log \frac{d\,b}{c\,a} = \mathrm{M}$$

et après 3 rotations :

$$2 \log \frac{a\,c}{d\,b} = -\mathrm{M}$$

Ainsi, quelle que soit l'orientation des faces des deux circuits et quels que soient les diamètres des 4 fils, les circuits ont la même induction mutuelle quand ils reviennent dans leur diagonale primitive et une induction mutuelle de signe contraire quand ils changent de diagonale.

Il y a donc deux manières de réaliser l'anti-induction entre deux circuits en diagonales.

*Ou bien* l'on choisira le quadrilatère d'armement de telle manière que le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits soit nul ; et alors ceux-ci seront anti-inductés sur n'importe quel parcours ; il suffira que l'on ait :

$$a\,c = b\,d \text{ ou } \frac{a}{b} = \frac{d}{c}$$

Tel est le cas du carré (armement Lorain), du losange, du quadrilatère constitué par deux triangles isocèles accolés par leur base, et en général des quadrilatères pour lesquels deux sommets sont sur la circonférence, lieu des points dont le rapport des distances aux deux autres sommets est constant.

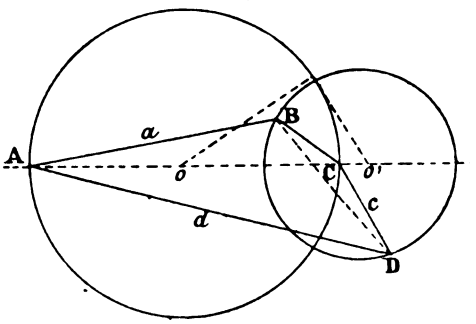



Fig. 2.

*Ou bien*, le quadrilatère d'armement étant quelconque, il faudra que le long du parcours commun aux deux circuits, ceux-ci occupent au total sur des distances égales les deux diagonales du quadrilatère, par le jeu des rotations successives.

Digitized by Google

Mais on ne peut songer à appliquer à chaque ligne une loi spéciale de distribution des rotations. Pour la facilité des travaux il est bien nécessaire que l'on adopte une loi uniforme, et comme les lignes ont les longueurs les plus variées, on est amené à chercher une loi qui soit *périodique*, c'est-à-dire à rendre réglementaire une distribution des rotations qui se reproduise identiquement après un nombre fixe de kilomètres. On se rend compte immédiatement que dans ces conditions l'anti-induction complète sera bien rarement obtenue ; et qu'il y aura généralement un résidu d'induction dont l'importance sera en relation avec la longueur de la période. Nous appelons *période* la distance au bout de laquelle la loi de rotation, c'est-à-dire la loi de sectionnement de la ligne par les rotations, se reproduit identiquement.

Soient $l$, $l_2$,.... $lp + 1$ les longueurs des diverses *sections* en lesquelles le groupe se trouve partagé par les rotations. Chaque rotation a pour effet de multiplier par $(- 1)$ le coefficient d'induction mutuelle par unité de longueur de la section précédente. Si M est la valeur de ce coefficient dans la première section de ligne $l_1$, il sera donc $(- 1)\, p$. M dans la section $lp + 1$. Et par conséquent le coefficient d'induction relatif à la longueur de ligne constituée par $p + 1$ sections successives aura pour valeur :

$$M \sum_{o}^{p} (- 1)^p\, l\, p + 1$$

étendue à toutes les sections. Le *résidu d'induction* d'une longueur de ligne étant proportionnel au coefficient d'induction, il nous arrivera souvent de confondre dans le langage ces deux expressions.

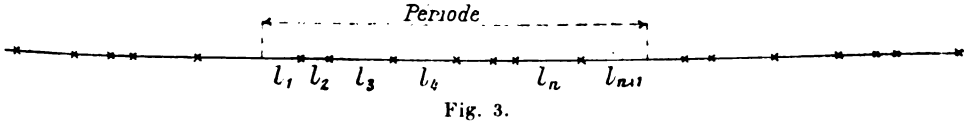



Fig. 3.

Soit E le résidu d'induction d'une période, comportant $n + 1$ sections, c'est-à-dire $n$ rotations. Le coefficient d'induction par unité de longueur de la première section de la période suivante est $(- 1)^n$ M ; et par suite le résidu de cette seconde période sera :

$$(- 1)^n M \sum_{o}^{n} (- 1)^p\, l\, p + 1 = (- 1)^n E.$$

Par conséquent, si *n est impair*, c'est-à-dire si le nombre de rotations compris dans une période est impair, le résidu de deux périodes successives est nul, le résidu d'un nombre pair de périodes successives est nul, quelle que soit d'ailleurs l'origine considérée.

Digitized by Google

Si au contraire *n est pair*, le résidu d'un nombre entier N de périodes successives est évidemment N.E, et ne peut être nul que si le résidu E est nul. Il ne peut y avoir anti-induction par multiples entiers de périodes d'origine arbitraire que si le résidu

$$E = \Sigma (-1)^p l p + 1$$

est nul dans une période ; c'est-à-dire si la somme des longueurs des sections de rang pair y est égale à la somme des longueurs des sections de rang impair. Il est d'ailleurs bien évident que dans ce cas de *n* pair on pourra choisir arbitrairement l'origine de la période particulière sur laquelle on fera cet essai, car le résidu d'une période est alors indépendant de l'origine adoptée.

En résumé, quelle que soit la loi choisie pour la distribution des rotations, on est assuré qu'il y a anti-induction par multiples pairs de périodes d'origine quelconque, *si n est impair*.

Si *n est pair*, il n'y a anti-induction que si l'on *choisit* la loi de rotation de manière à équilibrer dans une période la longueur des sections de rang pair par celle des sections de rang impair.

Que *n soit pair ou impair*, on peut du reste imaginer toutes sortes de *lois de rotations particulières* qui annulent le résidu pour des sections de ligne d'origines particulières, périodiques ou non.

## INDUCTION DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES OU DES LIGNES D'ÉNERGIE

Soient $l_1$, $l_2$, $l_3$, $l_n$ les longueurs des sections successives de la période, quelques-unes d'entre elles pouvant être nulles (rotations doubles). On peut symboliser la position géométrique du circuit dans l'espace de la manière suivante (les 2 fils du circuit sont supposés de même calibre).

Toutes les fois que le circuit occupera la position $A_1$ $A_2$ on lui affectera le symbole imaginaire $i$. Quand il subira une rotation qui l'amène en $B_1$ $B_2$ on lui affectera le symbole $i^2$. Et on lui donnera le symbole $i^3$ et $i^4$ dans les positions $A_2$ $A_1$ et $B_2$ $B_1$. Autrement dit, chaque rotation sera représentée symboliquement par le multiplicateur $i$. La première section étant ainsi représentée par $i$, la section de rang $p$ sera représentée par $i^p$. Chaque position du circuit avec l'orientation de ses faces est ainsi bien caractérisée. Et comme l'induction change de signe sans changer de valeur par unité de longueur lorsque le circuit se retourne face pour face, on voit que l'on peut représenter l'induction de la section $l_p$ par l'imaginaire $l_p\, i^p$. L'induction totale

Digitized by Google

d'une certaine longueur de ligne sera représentée symboliquement par

$$\Sigma\, l_p\, i^p = A\, i - B.$$

Pour avoir la valeur même de l'induction totale, il suffira de remplacer dans $A\,i - B = A\,i + B\,i^2$, $i$ par M et $i^2$ par N, M et N désignant les coefficients d'induction mutuelle du fil télégraphique et du circuit $A_1\ A_2$ ou du circuit $B_1\ B_2$. Cette induction sera donc la grandeur A.M + B.N. Elle peut s'annuler sans que A et B soient nuls, pour certaines valeurs particulières de M et de N, c'est-à-dire pour certaines positions relatives du circuit et du fil perturbateur. Toutefois, il est préférable de chercher à annuler cette expression A M + B.N, quels que soient M et N, c'est-à-dire quelles que soient les positions relatives de ce fil et des circuits.

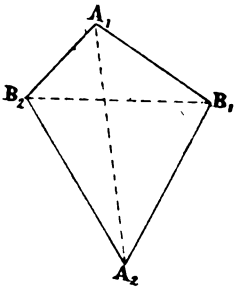


Fig. 4.

Nous cherchons donc à annuler séparément A et B. Le problème à résoudre est, par suite, d'évaluer d'une part et d'annuler d'autre part par la quantité complexe :

$$A\,i - B = \Sigma\, l_p\, i^p\,.$$

Ceci posé, soit $\alpha$ l'origine choisie sur la ligne et soit $\alpha\ \omega$ la première période ; soit E le résidu de cette première période. Cherchons le résidu E′ d'une autre période $\alpha'\ \omega'$ ayant une origine quelconque $\alpha'$ sur la ligne.

Il est clair que l'on a :

Résidu $\alpha'\ \omega' =$ Résidu $\alpha\ \omega +$ Résidu $\omega\ \omega' -$ Résidu $\alpha\ \alpha'$.

Or les résidus $\alpha\ \alpha'$ et $\omega\ \omega'$ proviennent de sommes $\Sigma\, l_p\, i^p$ analogues.

Le second se déduit du premier en multipliant chacun de ses termes par $i^n$, donc

Résidu $\omega\ \omega' = i^n \times$ Résidu $\alpha\ \alpha'$.

Soit $\eta_1$ ce résidu $\alpha\ \alpha'$, on aura $E' = E + \eta_1\,(i^n - 1)$.

Voyons ce qui se passe sur une section ayant un nombre entier P de périodes, et une origine quelconque $\alpha'$. Le résidu de la première période étant E′, celui de la seconde sera $E'.\ i^n$

celui de la 3e $E'.\ i^{2n}$

celui de la Pme $E'.\ i^{(P-1)n}$

Le résidu total sera donc :

$$E' + E'\,i^n + E'\,i^{2n} + \ldots\ldots + E'\,i^{(P-1)n} = E'\,\frac{1 - i^{Pn}}{1 - i^n}$$

Digitized by Google

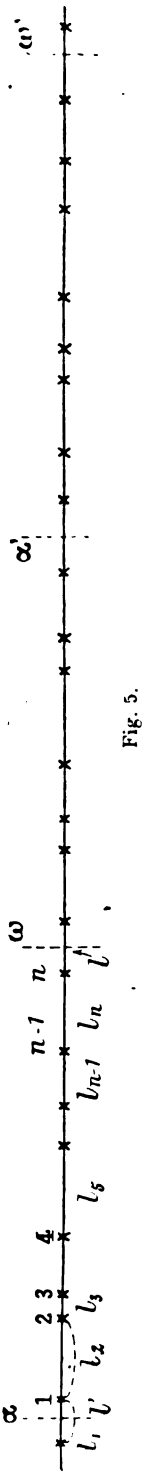


Fig. 5.

Le résidu E' est de la forme A + B $i$. Le résidu des P périodes est

$$(A + Bi)\frac{1 - i^{Pn}}{1 - i^n}$$

Supposons d'abord $E' \neq o$

α) Si $n = 2\lambda + 1$,

on a

$$(A + Bi)\frac{1 - i^{Pn}}{1 - i^n} = \frac{A + B\,i}{2}(1 \pm i)(1 - )i^{Pn}$$

et ce résidu n'est nul que si P$n$ est mult. 4 ou P mult. de 4.

β) Si $n = 4\lambda + 2$,

on a

$$(A + B\,i)\frac{1 - i^{Pn}}{1 - i^2} = \frac{A + B\,i}{2}(1 - i^{Pn}$$

et ce résidu n'est nul que si P$n$ est mult. 4 ou P mult. 2.

γ) Si $n = 4\lambda$.

Le résidu prend la forme P. E' et n'est nul que si E' est nul, auquel cas il y a anti-induction toutes les périodes, et comme $\eta$ est aussi de la forme C + $i$ D, on a $E = o$, en vertu de l'égalité

$$E' = E + \eta_1 (i^n - 1)$$

Dans le cas où $n = 4\lambda$ il n'y a anti-induction par multiples entiers de période que s'il y a anti-induction dans une période; et il suffit pour cela d'examiner une seule période d'ailleurs arbitraire.

*Remarque I.* — Tous ces résultats s'obtiennent aussi, sans aucun calcul, en examinant l'orientation de la première section de chaque période selon les parités possibles de $n$. Les périodes dont les résidus se compensent sautent aux yeux.

*Remarque II.* — L'étude précédente nous donne les cas généraux d'anti-induction; toutefois, il peut très bien se faire qu'il y ait anti-induction pour certaines sections de ligne ayant des extrémités particulières; mais comme la loi de rotation est périodique, il n'en résultera généralement aucune conséquence pour les sections de ligne suivantes, sauf si la section particulière où il

Digitized by Google

y a anti-induction embrasse une ou plusieurs périodes. Dans ce dernier cas, la ligne se trouve régulièrement anti-inductée par périodes ou multiples de périodes ayant une origine déterminée mais non plus pour des sections de ligne de même longueur ayant une origine quelconque.

Si l'on se trouve dans les cas

$$n = 2\lambda + 1$$
$$\text{ou } n = 4\lambda + 2$$

il faudra, pour avoir cette propriété de l'anti-induction par multiples de périodes d'origine quelconque, envisager des sections de 4 ou de 2 périodes. On voit par exemple que l'égalité

$$E' = E + \eta_1 (i^n - 1)$$

n'entraîne pas $E = o$, si l'on a $E' = o$, sauf dans le cas de $n = 4\lambda$.

Ces cas particuliers sont intéressants pourtant, car ils contribuent à limiter le résidu d'une ligne en augmentant le cloisonnement de cette ligne en sections rigoureusement anti-inductées. Si par exemple nous sommes dans le cas de $n = 2\lambda + 1$, nous sommes déjà sûrs que le résidu de notre ligne sera inférieur à 4 périodes; mais, s'il existe des sections particulières anti-inductées d'une période, notre résidu sera inférieur à deux périodes.

### CALCUL DU RÉSIDU D'UNE PÉRIODE

Soit $l'$ la fraction de section $l_1$ qui se trouve entre l'origine de la période et la première rotation. Soit $l$ la fraction de section $l_{n+1}$ qui va de la dernière rotation à la fin de la période.

On a évidemment :

$$l + l' = l_1 = l_n + 1$$

et

$$E = l' i + l_2 i^2 + l_3 i^3 + \ldots\ldots + l_n i^n + l i^{n+1}$$
$$E = l_1 i + l_2 i^2 + l_3 i^3 + \ldots\ldots + l_n i^n + l i (i^n - 1).$$

On peut imaginer toutes sortes de lois de rotations. Mais la discussion générale que nous avons faite montre le peu d'intérêt qu'il y a à compliquer ces lois au moins en ce qui concerne l'induction télégraphique. Car à la seule condition que ces lois soient périodiques, on est sûr d'obtenir une anti-induction complète par 2 ou 4 périodes en choisissant convenablement la parité du nombre de rotations de la période. Aussi nous bornerons-nous à une application simple : l'étude de la loi de rotation admise par l'administration française.

D'ailleurs, pour une loi quelconque de rotation, si l'on désirait étudier le résidu il n'y aurait qu'à calculer la formule précédente où $l_n$ est une certaine fonction périodique de $n$.

Digitized by Google

### APPLICATION AU CAS DES ROTATIONS ÉQUIDISTANTES AVEC ROTATIONS ANORMALES PÉRIODIQUES

Nous appelons *rotation anormale* une rotation supplémentaire ou une rotation supprimée.

La longueur de la période est ici la distance qui sépare deux rotations anormales successives.

Pour calculer E' on pourrait appliquer la formule précédente; il est plus simple de calculer E' directement en changeant un peu les notations.

Nous appellerons *intervalle* la distance qui sépare deux rotations normales en ligne courante et nous la prendrons pour unité de longueur. Nous appellerons $p$ le nombre d'intervalles et $n$ le nombre de rotations dans la longueur d'une période. On a évidemment :

$$n = p + \varepsilon \qquad \text{avec } \varepsilon = \pm 1$$

selon qu'on a affaire à des rotations supplémentaires ou supprimées.

On a évidemment :

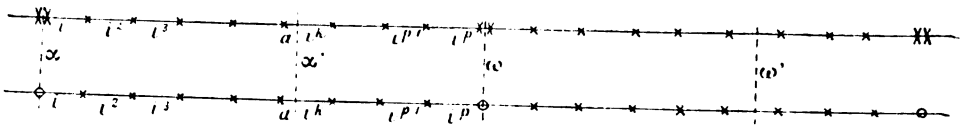


Fig. 6.

$$\text{E} = \text{résidu } \alpha\,\omega = i + i^2 + \ldots\ldots + i^p = \frac{1}{2}(i-1)(1-i^p)$$

$$\text{Résidu } \alpha\,\alpha' = i + i^2 + \ldots\ldots + i^{k-1} + a\,i^k =$$

$$= \frac{1}{2}(i-1)(1-i^{k-1}) + a\,i^k$$

$$\text{Résidu } \omega\omega' = i^{p+\varepsilon}(i + i^2 + \ldots\ldots + i^{k-1} + a\,i^k) =$$

$$= i^{p+\varepsilon}\left[\frac{1}{2}(i-1)(1-i^{k-1}) + a\,i^k\right]$$

et par suite E' = résidu $\alpha\,\omega$ + résidu $\omega\,\omega'$ — résidu $\alpha\,\alpha'$

$$\text{E}' = \frac{1}{2}(i-1)(1-i^p) + (i^{p+\varepsilon} - 1)\cdot$$

$$\left[\frac{1}{2}(i-1)(1-i^{k-1}) + a\,i^k\right]$$

Digitized by Google

Proposons-nous de rechercher ce qui se passe dans la période. Pour cela nous ferons les différentes hypothèses possibles sur la parité de $n$ et la parité correspondante de $p$ selon la nature de la rotation anormale.

Si $n = p + \varepsilon = 4\lambda$

on a $E' = E = \frac{1}{2}(i-1)(1-i^{-\varepsilon})$

quand $\varepsilon = +1$ $\quad E' = E = -1$

quand $\varepsilon = -1$ $\quad E' = E = i$

et il y a par période d'origine quelconque un résidu constant égal à celui de la 2e équidistance dans le cas des rotations supplémentaires ou à celui de la 1re équidistance dans le cas des rotations supprimées.

Si $n = p + \varepsilon = 4\lambda + 2$

Les résidus que l'on obtient ne présentent pas beaucoup d'intérêt, ils ne sont nuls dans aucun cas pour une période. Cependant, pour certaines périodes d'origine déterminée, ils ont une valeur simple. On trouve :

| | | |
|---|---|---|
| pour $\varepsilon = +1$ | si $K = 4m$ | $E' = [i + 2(1+a)]$ |
| | si $K = 4m+1$ | $E' = (1+2a)i$ |
| | si $K = 4m+2$ | $E' = -(1+2a)$ |
| | si $K = 4m+3$ | $E' = -[1+2a)i-2)]$ |
| pour $\varepsilon = -1$ | si $K = 4m$ | $E' = (1+2a)$ |
| | si $K = 4m+1$ | $E' = (2ai-1)$ |
| | si $K = 4m+2$ | $E' = -(2i+1+2a)$ |
| | si $K = 4m+3$ | $E' = -[2(1+a)i-1)]$ |

Si $n = p + \varepsilon = 4\lambda + 1$, on trouve :

Si $K = 4m$ $\quad E' = \frac{1}{2}(i-1)(2a-1-\varepsilon)$ $\begin{cases} \varepsilon = +1 & E' = (i-1)(a-1) \\ \varepsilon = -1 & E' = (i-1)a \end{cases}$

Si $K = 4m+1$ $\quad E' = \frac{1}{2}(i-1)(2ai+1-\varepsilon)$ $\begin{cases} \varepsilon = +1 & E' = -(i+1)a \\ \varepsilon = +1 & E = [(1-a)i-(1+a)] \end{cases}$

Si $K = 4m+2$ $\quad E' = \frac{1}{2}(i-1)(ai+1-2a-\varepsilon)$ $\begin{cases} \varepsilon = +1 & E' = (i-1)(i-a) \\ \varepsilon = -1 & E' = (i-1)(i+1-a) \end{cases}$

Si $K = 4m+3$ $\quad E' = \frac{1}{2}(i-1)[ai(1-a)-(1+\varepsilon)]$ $\begin{cases} \varepsilon = +1 & E' = (i-1)[1-a)i-1] \\ \varepsilon = -1 & E' = (i+1)(a-1) \end{cases}$

On voit qu'il y a deux cas où E' est nul.

Digitized by Google

$\varepsilon = +1$ avec l'une des deux conditions équivalentes :

$$K = 4m \quad \text{et} \quad a = 1$$
$$\text{ou } K = 4m + 1 \quad \text{et} \quad a = o$$

$\varepsilon = -$ avec l'une des deux conditions équivalentes :

$$K = 4m - 1 \quad \text{et} \quad a = 1$$
$$\text{ou } K = 4m \quad \text{et} \quad a = o$$

Dans le cas où $n = 4\lambda + 1$, il y a donc certaines périodes complètement anti-inductées : ce sont celles qui commencent aux rotations de rang multiple de 4 quand les rotations anormales sont des rotations supplémentaires; ce sont celles qui débutent aux rotations de rang multiple 4 — 1 quand il s'agit de rotations supprimées.

Si $n = p + \varepsilon = 4\lambda - 1$, on a une discussion analogue et l'on trouve certaines périodes anti-inductées : celles qui commencent aux rotations de rang multiple de 4 + 1 ou multiple de 4, selon qu'il s'agit de rotations supplémentaires ou de rotations supprimées.

Remarque I. — Dans l'ancien système de rotations utilisé en France, les quatre groupes de la première traverse ne présentaient aucune rotation anormale. Il est facile de vérifier que le résidu télégraphique maximum était alors de deux intervalles, c'est-à-dire de 500 m., 1 km., 1 km. 500 ou 2 km. selon le groupe.

Pour les groupes des autres traverses, on avait :

| | 2e traverse | 3e traverse | 4e traverse |
|---|---|---|---|
| Groupe tournant tous les 250m | $p=12 \quad n=p+\varepsilon=13$ | $p=12 \quad n=11$ | $p=24 \quad n=25$ |
| — 500m | $p=6 \quad n=p+\varepsilon=7$ | $p=6 \quad n=5$ | $p=12 \quad n=13$ |
| — 750m | $p=4 \quad n=p+\varepsilon=5$ | $p=4 \quad n=3$ | $p=8 \quad n=9$ |
| — 1000m | $p=4 \quad n=p+\varepsilon=5$ | $p=4 \quad n=3$ | $p=8 \quad n=9$ |

Il y avait par suite certaines périodes complètement anti-inductées commençant aux rotations de rang mult. 4, mult. 4 + 1 ou mult. 4 — 1, selon la parité de $n$ et le signe de $\varepsilon$. Il y en avait une toutes les quatre sections de 250 m., 500 m., 750 m. ou 1.000 m., c'est-à-dire tous les kilomètres, tous les 2 km., tous les 3 km. ou tous les 4 km. Ces périodes particulières partageaient une longueur de ligne donnée en une portion médiane complètement anti-inductée et deux portions

Digitized by Google

terminales de moins de 1 km., 2, 3 ou 4 km., de sorte que le résidu télégraphique était sûrement inférieur à 2, 4, 6 ou 8 km., selon le groupe.

On peut pousser la discussion plus loin.

Soit $i$ le symbole de la 1re section de la portion médiane, celui de la 1re section de la dernière tranche terminale sera

$$i^{\mu n},$$

$\mu$ étant le nombre entier de périodes anti-inductées de la portion médiane. Le résidu de la dernière tranche terminale est facile alors à évaluer. Selon la section où elle se termine, il prend l'une des quatre valeurs

$$i^{\mu n} \times \left\{ \begin{array}{c} a \\ (1+ai) \\ (1-a)+i \\ (1-a)\,i \end{array} \right\}.$$

Quant au résidu de la première tranche terminale, il prend l'une des quatre valeurs

$$\begin{array}{c} -bi \\ -i-b \\ (b-1)\,i-1 \\ b-1 \end{array}$$

On vérifie facilement alors que :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| si $\mu.n = 4m$ | le résidu maximum | est de | 2 | intervalles |
| si $\mu.n = 4m+1$ | — | — | 3 | — |
| si $\mu.n = 4m+2$ | — | — | 4 | — |
| si $\mu.n = 4m+3$ | — | — | 4 | — |

Comme il s'agit d'une longueur de ligne quelconque, $p$ est arbitraire.

Et comme $n$ est impair, pour n'importe quel groupe le résidu télégraphique est inférieur ou égal à quatre intervalles, c'est-à-dire à 1, 2, 3 ou 4 km. selon que le groupe tourne tous les 250 m., tous les 500 m., tous les 750 m. ou tous les 1.000 m.

Remarque II. — La loi de rotation récemment adoptée en France comporte pour chaque groupe de circuits un double et parfois même un triple système de rotations anormales périodiques dont les lois de périodicité sont multiples les unes des autres par 4.



Digitized by Google

La période fondamentale des groupes A par exemple est de 4 km. On a dans ce cas

$$p = 16 \qquad n = p + \varepsilon = \begin{cases} 17 \\ 15 \end{cases}$$

Il y aurait donc sûrement anti-induction toutes les quatre périodes pour une section d'origine quelconque, si la période supérieure des traverses ne venait rompre la loi fondamentale du groupe tous les 16 kilomètres. Or une longueur de ligne quelconque comporte un nombre entier de tranches de 16 kilomètres limitées aux rotations anormales des traverses, plus deux tranches de moins de 16 kilomètres à ses deux bouts. Les premières sont complètement anti-inductées. Quant aux deux fractions terminales, quel est leur résidu ?

Elles sont régies par la loi de rotation fondamentale

$$p = 16 \qquad n = p + \varepsilon = \begin{cases} 17 \\ 15 \end{cases}$$

et nous avons vu (Remarque I) que le résidu de chacune d'elle est inférieur ou égal à quatre intervalles ici :

$$4 \times 250^{m} = 1 \text{ km.}$$

*Le résidu télégraphique des groupes A est donc sûrement inférieur à 2 km.*

Les groupes B ont tous une période fondamentale de 1 km. pour laquelle

$$p = 4 \qquad n = p - 1 = 3$$

Il y a donc sûrement anti-induction toutes les quatre périodes d'origine quelconque, c'est-à-dire tous les 4 km., sauf quand les rotations anormales de périodicité supérieure viennent rompre la loi fondamentale. Ce fait se produit en 1re et 2e traverse tous les 16 km. et en 3e et 4e traverse à la fois tous les 4 et tous les 16 km. Mais de toutes façons une longueur de ligne quelconque est partagée en fractions de 4 km. complètement anti-inductées et deux fractions terminales de moins de 4 km., pour chacune desquelles le résidu télégraphique est inférieur ou égal à quatre intervalles, c'est-à-dire à $4 \times 250$ m. = 1 km.

*Le résidu télégraphique des groupes B est donc sûrement inférieur à 2 km.*

Digitized by Google

On trouverait de la même façon que :

*Le résidu télégraphique du groupe C est sûrement inférieur à 4 km.*

*Le résidu télégraphique des groupes D est sûrement inférieur à 8 km.*

## INDUCTION DES CIRCUITS SIMPLES ENTRE EUX

Considérons deux groupes de circuits obéissant chacun à une loi périodique de rotation distincte, soient :

$$\begin{array}{llll} l_1 & l_2 & l_3 \ \ldots\ldots\ldots & l_p \\ l'_1 & l'_2 & l'_3 \ \ldots\ldots\ldots & l'_q \end{array}$$

les différentes sections en lesquelles chacun des deux groupes se trouve partagé par ses rotations.

Nous pouvons toujours supposer que ces $p + q$ sections admettent un plus grand commun diviseur (le cas des nombres incommensurables serait purement théorique).

Et nous prendrons ce p. g. c. d. pour commune mesure des sections. Nous appellerons les petites portions de ligne correspondantes *éléments communs* aux deux circuits, ou plus brièvement *éléments* de circuit.

Se donner la loi de rotation de l'un des circuits revient à se donner l'orientation de ce circuit en fonction du rang de l'élément. Or nous avons vu que l'on peut caractériser symboliquement l'orientation du circuit par l'imaginaire $i^p$, $p - 1$ désignant le nombre de rotations qui précèdent l'élément considéré, c'est-à-dire qui le séparent de l'élément origine, si l'on représente symboliquement par $i$ l'orientation de cet élément origine de rang 1.

La loi de rotation du circuit se traduit donc par l'équation

$$p = f(n)$$

qui donne en fonction du rang $n$ de l'élément le nombre

$p - 1$ de rotations qui le précèdent.

La loi de rotation du second circuit se traduira de même par une certaine équation

$$q = \varphi(n)$$

Toutefois, comme les deux circuits occupent dans l'espace des posi-

Digitized by Google

tions et des orientations différentes, nous ne pouvons pas, en ce qui concerne leurs réactions mutuelles, les représenter par les mêmes symboles. Aussi adopterons-nous pour symboliser l'identité en même temps que l'orientation du second circuit une nouvelle unité imaginaire $j$, qui obéit d'ailleurs aux mêmes lois algébriques que $i$. De sorte que l'élément de rang $n$ du second circuit sera caractérisé par le symbole $j^{\varphi(n)}$ ; l'élément de même rang $n$ du 1er circuit étant caractérisé par le symbole $i^{f(n)}$.

Chaque circuit peut occuper quatre positions différentes dans l'espace, deux à deux confondues et opposées, symbolisées comme suit

$$\begin{array}{llll} i & i^2 = -1 & i^3 = -i & i^4 = 1 \\ j & j^2 = -1 & j^3 = -j & j^4 = 1 \end{array}$$

Les deux circuits peuvent donc occuper l'un par rapport à l'autre seize positions relalives, géométriquement distinctes. Mais il est facile de vérifier qu'au point de vue électrique ces positions se réduisent à huit donnant des inductions mutuelles distinctes en grandeur et en signe, et à quatre seulement donnant des inductions distinctes en valeur absolue. C'est précisément le résultat que l'on obtient aussi en combinant les symboles d'orientation avec les conventions de la multiplication.

Ainsi nous pouvons caractériser l'induction mutuelle des deux éléments de rang $n$ par le produit :

$$i^{f(n)} . j^{\varphi(n)}$$

et calculer le résidu d'induction de l'un des circuits sur l'autre dans un certain parcours par la somme

$$\Sigma\, i^{f(n)} . j^{\varphi(n)}$$

étendue à tous les éléments communs de ce parcours en convenant de remplacer le résultat

$$a + bi + cj + d.ij$$

par l'expression $\quad a.M + b.N + c.P + d.Q$

où M, N, P, Q représentent dans l'ordre et avec les signes convenables les quatre coefficients d'induction mutuelle des deux circuits.

Cette dernière expression peut s'annuler pour certaines valeurs particulières de M. N. P. Q., c'est-à-dire pour certaines formes et pour certaines positions relatives de leurs quadrilatères d'armements.

Digitized by Google

Mais il est préférable de chercher à annuler cette expression, quelles que soient ces formes et positions, c'est-à-dire quels que soient M. N. P. Q. et par conséquent d'annuler séparément $a$, $b$, $c$, $d$.

Le problème revient donc à évaluer et à annuler le quaternion

$$a + bi + cj + d.ij$$

Or on peut écrire :

$$i^{f(n)} = \operatorname{Cos}\frac{\pi}{2}.f(n) + i\sin\frac{\pi}{2}f(n) = \operatorname{Cos}\alpha + i\sin\alpha \quad \text{avec } \alpha = \frac{\pi}{2}f(n)$$

$$j^{\varphi(n)} = \operatorname{Cos}\frac{\pi}{2}.\varphi(n) + j.\sin\frac{\pi}{2}\varphi(n) = \operatorname{Cos}\beta + j\sin\beta \quad \text{avec } \beta = \frac{\pi}{2}\varphi(n)$$

d'où : $i^{f(n)}.j^{\varphi(n)} = \operatorname{Cos}\alpha\operatorname{Cos}\beta + i\sin\alpha\operatorname{Cos}\beta + j\sin\beta\operatorname{Cos}\alpha + ij\sin\alpha\sin\beta$.

La condition d'anti-induction

$$\Sigma i^{f(n)}.j^{\varphi(n)} = o$$

est donc équivalente aux quatre conditions simultanées :

$\Sigma\operatorname{Cos}\alpha\operatorname{Cos}\beta = o$ $\Sigma\sin\alpha\sin\beta = o$ $\Sigma\sin\alpha\operatorname{Cos}\beta = o$ $\Sigma\sin\beta\operatorname{Cos}\alpha = o$

équivalentes elles-mêmes aux quatre suivantes :

$\Sigma\operatorname{Cos}(\alpha+\beta) = o$ $\Sigma\sin(\alpha+\beta) = o$ $\Sigma\operatorname{Cos}(\alpha-\beta) = o$ $\Sigma\sin(\alpha-\beta) = o$

ou encore aux deux conditions imaginaires suivantes :

$$\Sigma\operatorname{Cos}(\alpha+\beta) + i\operatorname{Sin}(\alpha+\beta) = o \qquad \Sigma\operatorname{Cos}(\alpha-\beta) + i\operatorname{Sin}(\alpha-\beta) = o$$

ou encore

$$\Sigma e^{i(\alpha+\beta)} = o \qquad \Sigma e^{i(\alpha-\beta)} = o$$

ou

$$\Sigma i^{f(n)+\varphi(n)} = o \qquad \Sigma i^{f(n)-\varphi(n)} = o$$

ou enfin

$$\Sigma i^{F(n)} = o \qquad \Sigma i^{\Phi(n)} = o$$

en posant :

$$F(n) = f(n) + \varphi(n) \qquad \Phi(n) = f(n) - \varphi(n)$$

Quand il n'y a pas anti-induction, c'est-à-dire quand on a l'une au moins des deux inégalités :

$$\left.\begin{aligned} \Sigma i^{F(n)} &= A_1 + i.B_1 \neq o \\ \Sigma i^{\Phi(n)} &= A_2 + i\,B_2 \neq o \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

le résidu total R

$$R = \Sigma\operatorname{Cos}\alpha\operatorname{Cos}\beta + i\Sigma\operatorname{Sin}\alpha\operatorname{Cos}\beta + j\Sigma\operatorname{Sin}\beta\operatorname{Cos}\alpha + ij\Sigma\operatorname{Sin}\alpha\operatorname{Sin}\beta.$$

Digitized by Google

a pour valeur :

$$R = \frac{A_1 + A_2}{2} + i.\frac{B_1 + B_2}{2} + j\frac{B_1 - B_2}{2} + ij.\frac{A_2 - A_1}{2}$$

$$= \frac{1 - ij}{2} . \Sigma i^{F(n)} + \frac{1 + ij}{2} . \Sigma i^{\Phi(n)}$$

Pour la facilité du langage nous donnerons aux expressions (1) le nom de *résidus auxiliaires* ; on peut les considérer en effet comme les **résidus télégraphiques** (1) de deux circuits fictifs soumis respectivement aux lois de rotation :

$$F(n) = f(n) + \varphi(n) \qquad \Phi(n) = f(n) - \varphi(n)$$

et le problème de l'anti-induction **mutuelle entre deux circuits** est ramené au double problème de l'**anti-induction télégraphique** (1) de ces deux circuits fictifs.

Or nous avons été amenés à prendre pour nos deux circuits des lois de rotation périodiques ; c'est-à-dire qu'à la seule condition

$$\nu_2 - \nu_1 = N_1 \qquad (N_1 \text{ étant un certain nombre entier})$$

on a toujours $f(\nu_2) - f(\nu_1) = \text{constante} = f(N_1 + 1) - f(1) = \omega_1$

$$\text{avec } f(1) = 1$$

Et de même

$$\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = \text{constante} = \varphi(N_2 + 1) - \varphi(1) = \omega_2 \text{ avec } \varphi(1) = 1,$$

si l'on a $\nu_2 - \nu_1 = N_2$

($N_2$ étant un certain nombre entier) $N_1$ et $N_2$ représentent le nombre d'éléments compris dans la période de chaque circuit, $\omega_1$ et $\omega_2$ les nombres de rotations de ces périodes.

Si D est le p. g. c. d. de $N_1$ et $N_2$

$$\left.\begin{aligned} N_1 &= D\lambda_1 \\ N_2 &= D\lambda_2 \end{aligned}\right\} \lambda_1\ \lambda_2 \text{ nombres premiers entre eux}$$

on sait que leur plus petit commun multiple est

$$N = \frac{N_1 . N_2}{D} = D . \lambda_1 \lambda_2 = N_1 \lambda_2 = N_2 \lambda_1$$

Or ce p. p. c. m. de $N_1$ et $N_2$ représente un nombre d'éléments qui

---

(1) Nous désignerons sous ce nom par abréviation le résidu ou l'anti-induction d'un circuit par rapport à un fil télégraphique sans rotation.

Digitized by Google

constitue la plus petite longueur de ligne comprenant un nombre entier de périodes de chacun des deux circuits ($\lambda_2$ périodes du premier, $\lambda_1$ du second). Nous conviendrons de donner à ce p. p. c. m. le nom de *périodicité commune* aux deux circuits. Après chaque périodicité commune, les rotations des deux circuits se reproduisent de la même manière, ce qui ne veut pas dire qu'ils se retrouvent avec leur même position géométrique dans l'espace.

Ceci posé, revenons aux lois de périodicité des fonctions $f(n)$ et $\varphi(n)$. Il est facile de voir qu'elles entraînent les équations suivantes :

$$f(K.\ N_1 + \nu_1) - f(\nu_1) = K\,[f(N_1 + 1) - f(1)]$$
$$\varphi(K'.\ N_2 + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = K'[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)]$$

Si l'on prend $K = \lambda_2$ et $K' = \lambda_1$, on aura

$$f(N + \nu_1) - f(\nu_1) = \lambda_2[f(N_1 + 1) - f(1)]$$
$$\varphi(N + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = \lambda_1[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)]$$

et par suite

$$F(N + \nu_1) - F(\nu_1) =$$
$$\lambda_2[f(N_1 + 1) - f(1)] + \lambda_1[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)] = \text{constante}$$
$$\Phi(N + \nu_1) - \Phi(\nu_1) =$$
$$\lambda_2[f(N_1 + 1) - f(1)] - \lambda_1[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)] = \text{constante.}$$

Ainsi les fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ admettent la même période N ; et les deux circuits fictifs régis par les lois de rotation $F(n)$ et $\Phi(n)$ admettent la même période qui est précisément égale à la périodicité commune des deux circuits réels, ce qui est bien évident *à priori*.

On voit en outre que dans le calcul des résidus auxiliaires il faut supposer que le premier élément de ces deux circuits fictifs a respectivement pour symbole $i^0 = -1$ et $i^0 = 1$ puisque l'on a

$$F(1) = f(1) + \varphi(1) = 2 \qquad \Phi(1) = f(1) - \varphi(1) = 0$$

La discussion générale des conditions d'anti-induction d'un circuit par rapport à un fil télégraphique a fait intervenir le nombre de rotations compris dans la période du circuit. Soient $P_1$ et $P_2$ ces nombres pour nos deux circuits fictifs. Soient $p_1$ et $p_2$ les nombres de rotations des deux circuits réels dans la longueur d'une périodicité commune.

$$P_1 = F(N + \nu) =$$
$$= \lambda_2[f(N_1 + 1) - f(1)] + \lambda_1[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)] = p_1 + p_2$$
$$P_2 = \Phi(N + \nu_1) =$$
$$= \lambda_2[f(N_1 + 1) - f(1)] = \lambda_1[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)] = p_1 - p_2$$

Digitized by Google

En nous basant sur les résultats acquis page 9, nous sommes donc conduits à la discussion suivante :

a) = $p_1$ *et* $p_2$ *sont de parités différentes.*

$$\begin{aligned} p_1 &= 2k_1 \qquad \text{avec } p_2 = 2k_2 + 1 \\ p_2 &= 2k_1 + 1 \qquad \text{avec } p_1 = 2k_2 \end{aligned}$$

Alors $P_1$ et $P_2$ sont tous deux impairs ; et par suite il y a anti-induction périodique sur une longueur de ligne d'origine quelconque par quatre périodicités communes.

b) = $p_1$ *et* $p_2$ *sont tous deux impairs.*

$$\begin{aligned} & p_1 = 2k_1 + 1 \qquad p_2 = 2k_2 + 1 \\ \text{Alors} \quad & P_1 = 2(k_1 + k_2 + 1) \quad P_2 = 2(k_1 - k_2) \end{aligned}$$

Or $k_1$ et $k_2$ étant deux entiers quelconques, il est facile de vérifier que $k_1 + k_2 + 1$ et $k_1 - k_2$ sont toujours de parités différentes. Donc $P_1$ et $P_2$ sont l'un mult. 4 et l'autre mult. 4 + 2.

Donc l'un des circuits fictifs aura un résidu nul toutes les deux périodicités communes sur une longueur d'origine quelconque tandis que l'autre circuit fictif aura généralement un résidu non nul, sauf si la loi de rotation est telle que son résidu soit nul dans une périodicité commune d'ailleurs arbitraire.

Ainsi il ne peut généralement pas y avoir anti-induction périodique sur une longueur de ligne d'origine arbitraire, à moins que celui des deux circuits fictifs qui a un nombre de rotations mult. 4 dans la périodicité commune n'ait un résidu nul (Résidu auxiliaire).

$p_1$ *et* $p_2$ *sont tous deux pairs.*

Cas que l'on peut subdiviser dans les deux suivants :

c) $p_1$ *et* $p_2$ *sont tous deux mult. 4 ou tous deux mult. 4 + 2.*

$$\begin{cases} p_1 = 4k_1 & \text{avec } p_2 = 4k_2 \\ p_1 = 4k_1 + 2 & \text{avec } p_2 = 4k_2 + 2 \end{cases}$$

Alors on a :

$$P_1 = \begin{cases} 4(k_1 + k_2) \\ 4(k_1 + k_2 + 1) \end{cases} \qquad P_2 = \begin{cases} 4(k_1 - k_2) \\ 4k_1 - k_2) \end{cases}$$

Il n'y a donc anti-induction par multiples entiers de périodicité commune sur une longueur d'origine quelconque, que s'il y a anti-induction dans une périodicité commune ; et il suffira d'examiner pour cela une seule périodicité commune, d'ailleurs arbitraire. Si cet essai donne un résidu E, toute périodicité aura un résidu E' et un nombre

Digitized by Google

entier $\gamma$ de ces périodicités auront un résidu $\gamma$ fois supérieur $\gamma$. E'.

d) *$p_1$ et $p_2$ sont l'un mult. de 4 et l'autre mult. 4 + 2.*

$$p_1 = 4k_1 \qquad \text{avec } p_2 = 4k_2 + 2$$
$$p_1 = 4k_1 + 2 \qquad \text{avec } p_2 = 4k_2$$

Alors

$$P_1 = 4(k_1 + k_2) + 2 \qquad P_2 = 4(k_1 - k_2) \mp 2$$

Il y a anti-induction périodique sur une longueur de ligne d'origine quelconque par deux périodicités communes.

Remarque I. — Nous avons eu l'occasion de signaler déjà que, si compliquées que soient les lois de rotation adoptées, le seul fait de les supposer périodiques donne des résultats intéressants. C'est encore le cas ici. Il subsiste cependant certaines circonstances de parité du nombre des rotations où l'on ne peut rien dire à moins d'étudier le résidu d'une période ou d'une périodicité commune (cas de $n$ = mult. 4 dans l'induction télégraphique, cas de $p_1$ et $p_2$ de même parité, avec $P_1$ ou $P_2$ mult. 4 dans l'induction entre circuits). Tout dépend alors des lois *particulières* de rotation que l'on s'est assignées, et il y a chaque fois un problème spécial à traiter.

Remarque II. — La discussion que nous avons faite condense bien les divers cas qui peuvent se présenter. Toutefois $p_1$ et $p_2$, nombres de rotations des circuits fictifs dans la périodicité commune, ne sont pas les données premières. Il est intéressant par conséquent de faire la discussion des divers cas possibles selon les parités respectives de

$$\omega_1\ \omega_2, \qquad \lambda_1 \text{ et } \lambda_2$$

($\lambda_1$ et $\lambda_2$ premiers entre eux ne peuvent être pairs en même temps) desquelles résultent les parités de

$$P_1 = p_1 + p_2 = \lambda_2\,\omega_1 + \lambda_1\,\omega_2 \text{ et } P_2 = p_1 - p_2 = \lambda_2\,\omega_1 - \lambda_1\,\omega_2$$

Cette discussion est résumée dans le tableau I où nous désignons par $\alpha_1$ $\beta_1$ ou $\gamma_1$ le cas qui s'applique au circuit fictif $F(n)$;
par $\alpha_2$ $\beta_2$ ou $\gamma_2$ le cas qui s'applique au circuit ficif $\Phi(n)$;
$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ sont les différents cas énumérés page 292 lors de la discussion de l'induction télégraphique d'un circuit.

Or, il n'y a antiinduction télégraphique périodique par longueur d'origine arbitraire que dans les cas $\alpha$ et $\beta$. Par conséquent il n'y a dans les mêmes conditions anti-induction entre nos deux circuits réels que dans les cas soulignés du tableau précédent.

Digitized by Google

Dans tous les autres cas, il n'y a antiinduction périodique par longueurs d'origine arbitraire que si les lois de rotation choisies annulent dans la périodicité commune les 2 résidus auxiliaires ou au moins l'un d'eux (s'il s'agit du cas $\beta_1\ \gamma_2$ ou $\beta_2\ \gamma_1$). Il suffit pour cela d'examiner une seule périodicité commune d'ailleurs arbitraire.

Enfin il peut se faire qu'il y ait antiinduction périodique pour certains segments de ligne d'origine particulière. Cette circonstance permettra alors d'obtenir une limite supérieure du résidu d'une longueur de ligne quelconque par le cloisonnement qui en résultera pour la ligne.

## INDUCTION DES CIRCUITS SIMPLES APPROPRIÉS AU TÉLÉGRAPHE SUR LES CIRCUITS VOISINS

1° Il est bien évident que *l'induction d'un circuit approprié fonctionnant au télégraphe sur ce circuit même fonctionnant au téléphone est nulle.*

2° Examinons donc *l'induction d'un circuit approprié au télégraphe sur le circuit conjugué du même groupe.*

Soit B D le circuit approprié.

Lorsqu'il fonctionne au télégraphe, son coefficient d'induction mutuelle avec le circuit A C est :

$$M = 2 \log \frac{a\,d}{b\,c}$$

après une rotation il devient :

$$N = 2 \log \frac{b\,a}{c\,d}$$

après deux rotations :

$$2 \log \frac{c\,b}{d\,a} = - M.$$

après trois rotations :

$$2 \log \frac{d\,c}{a\,b} = - N$$

L'induction d'une certaine longueur de ligne est donc égale à

$$\left[(l_1 + l_5 + l_9 + \ldots\ldots) - (l_3 + l_7 + l_{11} + \ldots\ldots)\right] M +$$
$$+ \left[(l_2 + l_6 + l_{10} + \ldots\ldots) - (l_4 + l_8 + l_{12} + \ldots\ldots)\right] . N$$

Digitized by Google

Cette expression peut être nulle de deux manières :
ou bien identiquement nulle, quelle que soit la portion de ligne considérée, si M et N sont nuls, c'est-à-dire si l'on a :

$$a\,d = b\,c \text{ et } a\,b = c\,d$$

d'où : $\frac{a}{c} = \frac{b}{d} = \frac{d}{b} = 1 \qquad a = b = c = d$

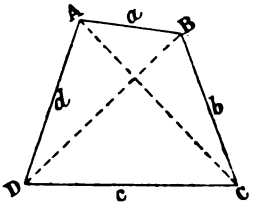



Fig. 7.

Cas du losange et du carré : armement Lorain :
ou bien nulle pour certaines portions de lignes, quels que soient M et N, c'est-à-dire quelle que soit la forme du quadrilatère A B C D.

Il faut alors que les termes entre crochets soient nuls, ce qui revient à chercher dans quel cas l'imaginaire $\Sigma\, lp\, i^p$ est nulle en adoptant des conventions analogues à celles déjà utilisées, les quatre positions respectives possibles du circuit A C et du circuit B D étant représentées symboliquement par $i$, $i^2$, $i^3$, $i^4$, ou si l'on préfère chaque rotation étant symbolisée par le multiplicateur $i$.

On a donc identiquement les mêmes résultats que ceux trouvés plus haut pour l'antiinduction entre un circuit et un fil télégraphique parallèle.

*Un circuit approprié se comporte pour le circuit conjugué du groupe comme un fil télégraphique ordinaire.*

3° Il nous reste à examiner *l'induction d'un circuit simple approprié au télégraphe sur un circuit d'un autre groupe.*

On peut toujours représenter le circuit simple par le symbole

$$i^p = i^{f(n)}$$

défini comme nous l'avons fait page 300.

Quant au circuit approprié, on peut aussi le représenter symboliquement par :

$$j^q = j^{\varphi(n)}\,;\ \varphi(1) = o$$

Digitized by Google

mais ici la fonction $q = \varphi(n)$ sera définie comme étant égale à 0 ou à 1 selon que le nombre de rotations qui séparent l'élément commun envisagé de l'élément origine sera pair ou impair.

C'est qu'en effet, si la position origine du circuit approprié est AC, après un nombre pair de rotations ce circuit prend l'une des deux positions A C ou C A, équivalentes cette fois en grandeur et en signe au point de vue de l'induction.

La périodicité des lois de rotation se traduit encore par des équations analogues à celles de la page 303. Mais on doit observer ici que selon que $\mathfrak{G}_2$ (nombre de rotations dans la période du groupe du circuit approprié) est pair ou impair, la fonction $\varphi(n)$ admet pour la période $N_2$ ou 2 $N_2$, car en évaluant

$$\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1)$$

on doit tenir compte de la parité du nombre $p$ de rotations qui séparent l'élément $\nu_1$ de l'élément origine.

On voit alors que si

$$\nu_2 - \nu_1 = N_2$$

les nombres de rotations qui séparent les éléments $\nu_2$ et $\nu_1$ de l'élément origine sont respectivement :

$$p + \mathfrak{G}_2 \text{ et } p$$

alors si $\mathfrak{G}_2$ est pair on a, quel que soit $p$,

$$\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = o = \text{constante}$$

Mais si $\mathfrak{G}_2$ est impair on a

$$\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = 1 \qquad \text{si } p \text{ est pair}$$
$$\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = -1 \text{ si } p \text{ est impair}$$

et l'on n'a pas $\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1)$ constant, quel que soit $p$.

La fonction $\varphi(n)$ dans ce cas n'admet donc pas la période $N_2$.

Mais elle admet la période 2 $N_2$.

Et l'on a en définitive :

Si $\mathfrak{G}_2$ est pair $\quad \varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 = N_2$

d'où $\quad \varphi(K.\, N_2 + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = o$

Si $\mathfrak{G}_2$ est impair $\quad \varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 = 2\, N_2$

d'où : $\quad \varphi(2\, K.\, N_2 + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = o$

Il nous faut donc évaluer la somme $\Sigma\, i^{f(n)}\, j^{f(n)}$ où $f(n)$ et $\varphi(n)$ sont deux fonctions de $n$ ayant pour caractéristiques de leurs périodes

Digitized by Google

$f(n)$ les nombres $N_1$ et $\omega_1$
$\varphi(n)$ les nombres $N'_2$ et $\omega_2$

avec $N'_2 = N_2$ et $\omega'_2 = \omega_2$ si $\omega$ est pair
$N'_2 = 2\,N_2$ et $\omega'_2 = 2\,\omega_2$ si $\omega_2$ est impair.

On pourrait recommencer des calculs analogues à ceux déjà faits plus haut; il est plus simple d'appliquer les résultats trouvés ;

1° *Si* $\omega_2$ *est pair.*

Les fonctions $f(n)$ et $\varphi(n)$ ont pour périodes $N_1$ et $N_2$ ; donc les fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ ont pour période la périodicité commune N des deux groupes ; et les deux circuits fictifs ont pour nombres de rotations dans cette période :

$P_1$

$P_2 = \lambda_2 = \left[f(N_1 + 1) - f(1)\right] \pm \lambda_1 \left[\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1)\right] = \lambda_2 . \omega_1$

puisque $\varphi(N_2 + 1) - \varphi(1) = o$

Donc pour les deux circuits fictifs à la fois on a les cas $\alpha$, $\beta$ ou $\gamma$ selon que $\lambda_2\omega_1$ est impair, mult. 4 + 2 ou mult. 4.

2° *Si* $\omega_2$ *est impair.*

Les fonctions $f(n)$ et $\varphi(n)$ ont pour périodes $N_1$ et $N'_2$.

Donc les fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ ont pour période le p. p. c. m. de $N'_2$ et $N_2$.

Or $N_2 = 2\,N'_2$.

Donc $N_1 = D\lambda_1 \quad N'_2 = 2\,D\lambda_2$.

Deux cas se présentent.

*Si* $\lambda_1$ *est impair* : $N_1 = D\,\lambda_2 \quad N'_2 = D\lambda'_2$ avec $\lambda'_2 = 2\,\lambda_2$

$\lambda_1$ et $\lambda'_2$ sont premiers entre eux et le p.p.c.m. de $N_1$ et $N_2$ est $\frac{N_1 N'_2}{D} = D\lambda_1\,\lambda'_2 = 2\,N$.

Les périodes des fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ sont les mêmes et sont égales au double de la périodicité commune aux deux groupes. Les nombres de rotations des deux circuits fictifs dans cette période sont :

$$P_1 = F(2N + \nu_1) - F(\nu_1) = f(2N + \nu_1) - f(\nu_1) + \varphi(2N + \nu_1) - \varphi(\nu_1) =$$
$$= f(2N + \nu_1) - f(\nu_1) = f(2\lambda_2 N_1 + \nu_1) - f(\nu_1)$$
$$= 2\lambda_2 \left[f(N_1 + 1) - f(1)\right] = 2\lambda_2\,\omega_1$$

$P_2 + \Phi(2N + \nu_1) - \Phi(\nu_1) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 2\lambda_2\,\omega_1$

et l'on aura les cas $\beta$ ou $\gamma$ de la page 292 (la période de base étant ici le

Digitized by Google

double de la périodicité commune aux deux groupes) selon que $2\lambda_2 \mathfrak{G}_1$ sera multiple $4 + 2$ ou mult. 4, c'est-à-dire selon que $\lambda_2 \mathfrak{G}_1$ sera impair ou pair.

$$\frac{\text{Si } \lambda_1 \text{ est pair } \lambda_1 = 2\lambda}{N_1 = D\lambda_1 = 2D\lambda} \qquad N'_2 = 2N_2 = 2D\lambda_2$$

$\lambda$ et $\lambda_2$ sont premiers entre eux et le p. p. c. m. de $N_1$ et $N_2$ est :

$$\frac{N_1 \cdot N'_2}{2D} = 2D\lambda\lambda_2 = 2D\lambda_1\lambda_2 = N$$

Le périodes des fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ sont toutes deux égales à la périodicité commune N des deux groupes. Les nombres des rotations des deux circuits fictifs dans cette période sont :

$$\begin{aligned} P_1 = F(N + v_1) - F(v_1) &= f(N + v_1) - f(v_1) + \varphi(N + v_1) - \varphi(v_1) \\ &= f(\lambda_2 N_1 + v_1) - f(v_1) + \varphi(2\lambda N_2 + v_1) - \varphi(v_1) \\ &= \lambda_2 \left[ f(N_1 + 1) - f(1) \right] = \lambda_2 \mathfrak{G}_1 \end{aligned}$$

$P_2 = \Phi(N + v_1) - \Phi(v_1) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \lambda_2 \mathfrak{G}_1$

et on a les mêmes résultats que dans le cas 1°)

On peut alors résumer tous ces résultats dans le tableau II où nous avons encadré les cas qui correspondent pour les circuits fictifs à une période de base égale au double de la périodicité commune.

Les cas soulignés sont encore ceux où il y a antiinduction périodique par longueur d'origine arbitraire. Dans tous les autres cas, il faut étudier le résidu d'une période des circuits fictifs, étude qui dépend des lois particulières choisies pour les rotations.

On peut faire les mêmes remarques que précédemment pour ce qui est de l'antiinduction périodique de certains segments de ligne d'origine particulière.

## INDUCTION DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES ET DES LIGNES D'ÉNERGIE SUR LES CIRCUITS COMBINÉS

Soient A C et B D le groupe de circuits qui constituent le circuit combiné.

Soient $r_1\ r_2\ r_3\ r_4$ les distances du fil télégraphique T aux quatre fils A B C D. Le coefficient d'induction mutuelle du fil télégraphique et du circuit combiné est facile à évaluer en tenant compte du sens du

Digitized by Google

courant dans les quatre fils A B C D. On le trouve égal par unité de longueur à :

$$M = 2 \log \frac{r_2 r_4}{r_1 r_3}$$

Après une rotation on a la même disposition de figure, avec cette

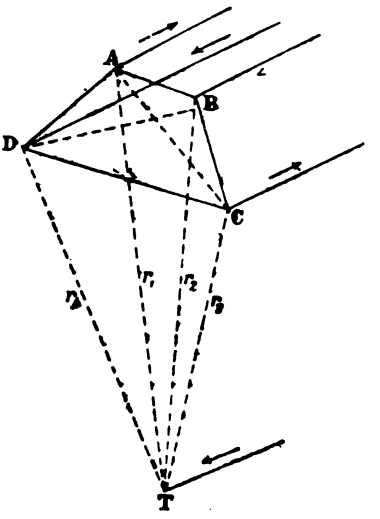



Fig. 8.

différence que les fils A.B.C.D ont subi une permutation tournante ; le nouveau coefficient d'induction se déduit de M par permutation tournante de

$$\begin{matrix} r_1 & r_2 & r_3 & r_4 \end{matrix}$$

$$2 \log \frac{r_3 r_1}{r_2 r_4} = - M$$

Et par suite, comme cela était bien évident d'avance, chaque rotation a pour effet de changer le signe de l'induction sans modifier sa valeur. On a donc identiquement les mêmes résultats que ceux trouvés page 290 pour l'induction mutuelle d'un circuit et du circuit conjugué du groupe.

Digitized by Google

## INDUCTION D'UN CIRCUIT APPROPRIÉ SUR UN COMBINÉ

On peut distinguer deux cas :

Celui où le combiné et le circuit approprié font partie du même groupe ; et celui où ils font partie de deux groupes différents.

1° Examinons le premier cas :

Soient $a$, $b$, $c$, $d$, $d$, $e$, $f$, $g$ les distances entre fils.

Soit $r$ le rayon de la section de fil du circuit B D approprié au télégraphe.

Les flèches en trait plein indiquent le sens du courant actuel dans le combiné. Les flèches en trait interrompu représentent le courant télégraphique actuel dans le circuit approprié. Les coefficients d'induction mutuelle en jeu sont les suivants par unité de longueur :

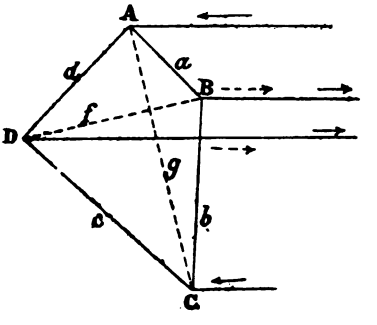



Fig. 9.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| fil B | télégraphe | sur fil B | téléphone | $-2\left[\log\frac{2}{r}-3/4\right]$ |
| fil B | — | sur fil D | — | $-2\left[\log\frac{2}{b}-1\right]$ |
| fil B | — | sur fil A | — | $+2\left[\log\frac{2}{a}-1\right]$ |
| fil B | — | sur fil C | — | $+2\left[\log\frac{2}{b}-1\right]$ |
| fil D | — | sur fil B | — | $-2\left[\log\frac{2}{b}-1\right]$ |
| fil D | — | sur fil D | — | $-2\left[\log\frac{2}{r}-3/4\right]$ |

Digitized by Google

fil D télégraphe sur fil A téléphone $+ 2\left[\log\frac{2}{d} - 1\right]$

fil D — sur fil C — $+ 2\left[\log\frac{2}{c} - 1\right]$

Le coefficient d'induction mutuelle du circuit approprié et du circuit combiné est donc le suivant :

$$M = 2\left[\log\frac{r^2 f^2}{a\,b\,c\,d} - \frac{1}{2}\right]$$

Après une rotation, ce coefficient d'induction devient évidemment :

$$N = 2\left[\log\frac{r^2 g^2}{a\,b\,c\,d} - \frac{1}{2}\right]$$

Après un nombre pair de rotations, ce coefficient est donc M
Après un nombre impair — — — N

*Si* $l_1, l_2, l_3, \ldots\ldots$ sont les longueurs des différentes sections sur lesquelles la ligne se trouve partagée par les rotations (certaines de ces sections peuvent avoir une longueur nulle, dans le cas de rotations doubles), l'induction du circuit approprié sur le combiné sera :

$$(l_1 + l_2 + l_3 + \ldots\ldots)\,M + (l_2 + l_4 + l_6 + \ldots\ldots)\,N$$

pour une certaine longueur de ligne.

On ne pourrait espérer avoir anti-induction pour certaines longueurs de ligne que si M et N étaient de signes contraires. Or le diamètre $2r$ des fils du circuit approprié est toujours si petit par rapport à $a\,b\,c\,d$ que M et N sont évidemment toujours de même signe.

L'induction ne fait donc toujours que s'accroître au fur et à mesure que la longueur de ligne considérée augmente.

*Comme conclusion, il ne faudra jamais approprier séparément les circuits d'un groupe, si l'on veut se servir du combiné du groupe.*

2° *Nous allons étudier maintenant l'induction d'un circuit approprié sur le circuit combiné constitué par les quatre fils d'un autre groupe.*

On peut recommencer un raisonnement tout à fait analogue à celui déjà fait dans le cas d'un circuit approprié et d'un circuit simple. On voit immédiatement que toute rotation du combiné change le signe du coefficient d'induction mutuelle du circuit approprié et du combiné sans changer sa valeur.

On peut donc symboliser la position et l'orientation du combiné par



Digitized by Google

l'imaginaire $i^{f(n)}$ où $f(n)$ est égal à 1 ou 3 selon que le nombre de rotations du combiné qui séparent l'élément commun envisagé de l'élément origine sera pair ou impair.

De même on représentera symboliquement par $j^{\varphi(n)}$ la position et l'orientation du circuit approprié, $\varphi(n)$ étant égal à 0 ou 1 selon que ce nombre de rotations (pour le circuit approprié) sera pair ou impair.

On verrait exactement comme page 308 que, selon que $\mathfrak{G}_1$ est pair ou impair, la fonction $f(n)$ admet pour période $N_1$ ou $2N_1$. De même la fonction $\varphi(n)$ admet pour période $N_2$ ou $2N_2$ selon que $\mathfrak{G}_2$ est pair ou impair.

Si $\mathfrak{G}_1$ est pair $f(\nu_2) - f(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 N_1$ d'où $f(K N_1) + \nu_1 - f(\nu_1) = o$

Si $\mathfrak{G}_1$ est impair $f(\nu_2) - f(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 = 2N_1 = N'_1$

d'où $f(2K N_1 + \nu_1) - f(\nu_1) = o$

Si $\mathfrak{G}_2$ est pair $\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 = N_2$

d'où $\varphi(K' N_2 + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = o$

Si $\mathfrak{G}_2$ est impair $\varphi(\nu_2) - \varphi(\nu_1) = o$ pour $\nu_2 - \nu_1 = 2N_2$

d'où $\varphi(2K' N_2 + \nu_1) - \varphi(\nu_1) = o$

1° $\mathfrak{G}_1$ *pair*, $\mathfrak{G}_2$ *pair*.

$f(n)$ et $\varphi(n)$ ont pour période $N_1$ et $N_2$. $F^{(n)}$ et $\Phi^{(n)}$ ont pour période $N$ et pour nombre de rotations $P_1 = o$ $P_2 = o$.

Donc on est toujours pour ces circuits fictifs dans le cas $\gamma_1\ \gamma_2$.

2° $\mathfrak{G}_1$ *pair* $\mathfrak{G}_2$ *impair*.

$f(n)$ a pour période $N_1$, et $\varphi(n)$ pour période $2N_2$.

On est donc dans le cas 2°) de la page 309. Donc

si $\lambda_1$ impair on a les cas $|\overline{\beta_1\ \beta_2}|$ ou $|\overline{\gamma_1\ \gamma_2}|$ selon que $\lambda_2\ \mathfrak{G}_1$ est impair ou pair.

Si $\lambda_1$ pair on a les cas $\alpha_1\ \alpha_2$ $\beta_1\ \beta_2$ ou $\gamma_1\ \gamma_2$ selon que $\lambda_2\ \mathfrak{G}_2$ est impair mult. $4 + 2$ ou mult. 4.

3° $\mathfrak{G}_1$ *impair* $\mathfrak{G}_2$ *pair* $= f(n)$ a pour période $2N_1$ et $\varphi(n)$ pour période $N_2$. On a donc une discussion analogue.

Si $\lambda_2$ impair on a les cas $|\overline{\beta_1\ \beta_2}|$ ou $|\overline{\gamma_1\ \gamma_2}|$ selon que $\lambda_1\ \mathfrak{G}_2$ est impair ou pair.

Si $\lambda_2$ pair on a les cas $\alpha_1\ \alpha_2$ $\beta_1\ \beta_2$ ou $\gamma_1\ \gamma_2$ selon que $\lambda_1\ \mathfrak{G}_2$ est impair, mult. $4 + 2$ ou mult. 4.

4° $\mathfrak{G}_1$ *impair* $\mathfrak{G}_2$ *impair* $= f(n)$ a pour période $2N_1$ et $\varphi(n)$ pour période $2N_2$.

Digitized by Google

Les fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ ont pour période le p. p. c. m. de $2N_1$ et de $2N_2$ ou $2D\lambda_1\lambda_2 = 2N$. Les nombres de rotations des deux circuits fictifs dans cette période sont $P_1 = o$ $P_2 = o$ et l'on se trouve dans le cas $|\overline{\gamma_1\gamma_2}|$.

Le tableau III résume toute la discussion.

## INDUCTION D'UN GROUPE APPROPRIÉ SUR UN COMBINÉ

1° S'il s'agit de *deux groupes différents*, les lois d'antiinduction sont évidemment les mêmes que celles trouvées dans le cas d'un combiné et d'un circuit approprié (pages 313 et 314) car le groupe approprié peut être considéré comme l'ensemble de deux circuits simples appropriés, soumis à la même loi de rotation et simplement décalés d'une rotation l'un par rapport à l'autre.

Mais en réalité, la condition essentielle du bon fonctionnement d'un circuit combiné est qu'il soit bien équilibré à tous points de vue (isolement, capacité, self, résistance). Nous devons donc supposer que les 4 fils du groupe sont identiques, fait auquel nous n'avions pas eu besoin de faire appel jusqu'ici. Mais alors, les courants télégraphiques qui circulent dans les 4 fils du groupe approprié sont égaux; les rotations de ce groupe laissent toutes choses identiques; et les conditions d'antiinduction du combiné (téléphone) sont les mêmes que celles d'un circuit combiné et d'un fil télégraphique simple sans rotation (page 310).

2° S'il s'agit de l'*induction d'un combiné approprié sur le combiné (téléphone) du même groupe*, il est facile de voir en opérant comme page 312 (induction d'un circuit approprié sur le combiné du groupe) que le coefficient d'induction mutuelle est par unité de longueur

$$M = 4 \log \frac{f}{g}$$

Mais alors si le quadrilatère d'armement a ses diagonales égales (armement rectangle, armement Lorain, etc.), il y a antiinduction complète sur un parcours quelconque.

Si le quadrilataire est quelconque (parallélogramme par exemple), le coefficient d'induction mutuelle

$$M = 4 \log \frac{f}{g}$$

change de signe sans changer de valeur après chaque rotation.

Digitized by Google

On retombe sur les conditions étudiées page 290 (un circuit et le circuit conjugué du groupe).

## INDUCTION D'UN CIRCUIT SIMPLE SUR UN COMBINÉ

*Le circuit simple agit sur le combiné de son propre groupe.*

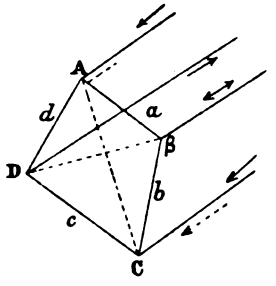



Fig. 10.

Ce cas se ramène aisément à des cas déjà étudiés. L'induction mutuelle du circuit A C et du groupe combiné est en effet la même que celle des deux circuits appropriés A C et B D qui constituent le combiné sur l'un d'eux A C fonctionnant au téléphone.

L'induction du circuit approprié A C sur ce même circuit fonctionnant au téléphone est nulle. Il reste donc l'influence du circuit approprié B D sur le circuit conjugué du groupe, dont nous avons étudié la valeur (page 306, § 2).

2° *Le circuit simple agit sur le combiné d'un autre groupe.*

On peut représenter le circuit simple par le symbole $i^{(n)}$ défini comme nous l'avons fait page 360. Quant au circuit combiné, il a pour symbole $j^{\varphi(n)}$, où $\varphi(n)$ est égal à 1 ou à 3 selon que le nombre de rotations qui séparent l'élément commun envisagé de l'élément origine est pair ou impair.

Or nous avons vu page 314 que dans la recherche de la période des circuits fictifs et de leurs nombres de rotations dans la période, rien ne distingue le cas où $\varphi(n)$ est défini pour un circuit approprié ou pour un circuit combiné.

Cela est bien évident d'ailleurs puisqu'un circuit combiné est en somme constitué par l'ensemble de deux circuits appropriés tournant

Digitized by Google

aux mêmes endroits. On doit donc obtenir la même discussion et le même tableau dans le cas actuel que dans le cas de l'induction entre un circuit simple et un circuit approprié (pages 306 à 310).

## INDUCTION D'UN COMBINÉ SUR UN AUTRE COMBINÉ

Par le même raisonnement que dans le cas précédent, on obtient la même discussion et le même tableau que dans le cas de l'induction entre un circuit approprié et un circuit combiné (pages 313 et 314).

## RÉCAPITULATION

| | |
|---|---|
| 1° La discussion de la page 290 s'applique à : | L'induction entre circuits d'un même groupe<br>» entre fils sans rotation et circuits combinés<br>» entre un circuit combiné et un autre groupe approprié<br>» entre un circuit combiné et le même groupe approprié. |
| 2° La discussion de la page 292 s'applique à : | L'induction entre un circuit et un fil sans rotation<br>» entre un circuit approprié et le circuit conjugué du groupe<br>» entre un circuit et le combiné de son propre groupe. |
| 3° La discussion qui a abouti au tableau I s'applique à : | L'induction entre deux circuits simples de groupes différents. |
| 4° La discussion qui a abouti au tableau II s'applique à : | L'induction entre un circuit approprié et un circuit d'un autre groupe<br>» entre un circuit combiné et un circuit d'un autre groupe. |
| 5° La discussion qui a abouti au tableau III s'applique à : | L'induction d'un circuit approprié et d'un circuit combiné d'un autre groupe<br>» entre deux circuits combinés de groupes différents. |

*Remarque I. — Antiinduction des circuits en plan.* — Il arrive fréquemment qu'une ligne construite avec l'armement en diagonales supporte quelques circuits armés en plan, c'est-à-dire effectuant des croisements de 1/2 tour complet suivant une loi périodique.

Digitized by Google

L'étude de l'induction de tels circuits entre eux ou par rapport aux circuits en diagonales pourrait se traiter aisément en observant simplement qu'on peut assimiler un croisement à une rotation double. Il faudrait simplement faire attention que pour ces circuits les nombres que nous avons désignés par $\mathfrak{G}_1$ et $\mathfrak{G}_2$ sont *forcément pairs*.

Mais on peut opérer autrement et profiter des résultats acquis en établissant la correspondance suivante qui permet de traduire les conditions d'antiinduction déjà trouvées dans l'étude précédente pour chacun des cas qui peuvent se présenter.

$\mathfrak{G}_1$ et $\mathfrak{G}_2$ conservant les dispositions adoptées jusqu'ici

$p_1$ et $p_2$ désigneront les nombres de *croisements* compris dans une période de chaque circuit plan.

Le signe $p_1 \rightarrowtail \mathfrak{G}_1$ signifiera qu'il faut remplacer $\mathfrak{G}_1$ par $p_1$ dans les lois précédemment trouvées.

| | | |
|---|---|---|
| Circuit plan ($p_1$) — Fil télégraphique<br>Circuit plan ($p_1$) — Groupe approprié | $p_1 \rightarrowtail \overline{\omega}_1$ | Les deux circuits conjugués d'un même groupe (page 3). |
| Circuit plan ($p_1$) — Circuit plan ($p_2$)<br>Circuit plan ($p_1$) — Circuit approprié d'un groupe ($\overline{\omega}_2$)<br>Circuit plan ($p_1$) — Circuit combiné d'un groupe ($\overline{\omega}_2$) | $p_1 \rightarrowtail \overline{\omega}_1$<br>$p_2 \rightarrowtail \overline{\omega}_2$ | Deux circuits combinés ($\overline{\omega}_1$) et ($\overline{\omega}_2$) Tableau III. |
| Circuit plan ($p_2$) — Circuit d'un groupe ($\overline{\omega}_2$) | $p_2 \rightarrowtail \overline{\omega}_2$ | Circuit simple ($\overline{\omega}_1$) et circuit combiné ($\overline{\omega}_2$) Tabl. II. |

Quand on a affaire à des circuits plans appropriés, ou combinés, tout se passe comme s'il y avait à leur place 2 fils télégraphiques sans rotation.

Remarque II. — Il arrive parfois que l'on mette en service au télégraphe un fil qui, posé dans le but de servir au téléphone, fait partie d'un circuit plan ou d'un groupe en diagonales, subissant les croisements ou les rotations réglementaires. On peut se demander quelle est l'induction électro-magnétique d'un tel fil sur les circuits voisins. Sans faire l'étude détaillée de tous les cas possibles, nous allons étudier à titre d'exemple le cas de l'induction d'un fil d'un groupe ainsi utilisé au télégraphe sur un circuit simple d'un autre groupe. A cet effet, nous ferons intervenir une troisième unité imaginaire $k$, obéissant aux mêmes lois algébriques que les unités $i$ et $j$ dont nous avons fait usage jusqu'ici.

Le circuit simple sera toujours symbolisé par $i^{(n)}$ (page 300).

Digitized by Google

Pour représenter symboliquement la position du fil télégraphique qui, d'une rotation à l'autre, occupe successivement les 4 sommets du quadrilatère d'armement, nous conviendrons de représenter toute rotation par le multiplicateur $j$ ou le multiplicateur $k$ selon que cette rotation est de rang impair ou de rang pair. Si l'on représente la position origine du fil en A par exemple, par l'unité réelle 1, on voit que l'on obtient ainsi 4 valeurs successives distinctes

$$1, \quad j, \quad j\,k, \quad j^2\,k = -\,k$$

qui peuvent représenter symboliquement les positions successives A, B, C, D du fil sur l'armement ; et qu'en poursuivant les mêmes opérations au fur et à mesure que se présentent de nouvelles rotations on retrouve toujours le même cycle de valeurs

$$1, \quad j, \quad j\,k, \quad -\,k$$

ou

$$1 \quad j \quad j\,k \quad j^2\,k \quad j^2\,k^2 \quad j^3\,k^2 \quad j^3\,k^3$$

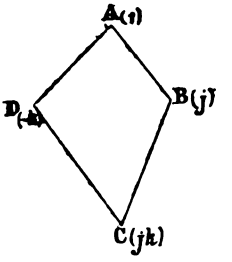



Fig. 11.

et en général après $q$ rotations, on a comme symbole $j^u\,k^v$, $v$ et $u$ étant les deux entiers égaux ou consécutifs dont la somme est égale à $q$

$$u + v = q$$

$u$ et $v$ sont donc deux fonctions bien définies du nombre de rotations qui précèdent l'élément commun considéré et par suite aussi du rang $n$ de cet élément

$$u = g(n) \qquad v = h(n)$$

Dès lors, on peut représenter l'induction mutuelle élémentaire du circuit simple et du fil télégraphique par le produit

$$i^{f(n)} \quad j^{g(n)} \quad k^{h(n)}$$

Digitized by Google

et le résidu d'une certaine longueur de ligne par la somme

$$\Sigma\, i^{f(n)}\ j^{g(n)}\ k^{h(n)}$$

étendue à tous ses éléments communs. Cette somme développée et réduite à sa plus simple expression se compose de huit termes irréductibles

$$a + bi + ej + dk + Ajk + Bki + Cij + Dijk \quad (1)$$

qui symbolisent les résidus d'induction provenant de chacune des 8 positions relatives possibles du circuit et du fil inducteur. Il suffirait de remplacer dans cette somme les symboles

$$1,\ i,\ j,\ k,\ jk,\ ki,\ ij,\ ijk$$

par les coefficients d'induction mutuelle L, M, N, P, Q, R, S, T, correspondant à ces 8 positions relatives pour avoir l'expression numérique du résidu

$$aL + bM + cN + dP + AQ + BR + CS + DT$$

Pour une longueur de ligne donnée et une loi de rotation connue, cette dernière expression peut être nulle de deux manières

ou bien nulle pour certaines valeurs de L, M, N, P, Q, R, S, T c'est-à-dire pour certaines positions respectives des 5 fils,

ou bien, quelles que soient ces positions, identiquement nulle.

Ce dernier mode est évidemment le plus intéressant. Il s'agit donc d'évaluer, puis d'annuler la quantité complexe (1)

Or on peut écrire

$$i^{f(n)} = \cos\alpha + i\sin\alpha \qquad \text{avec } \alpha = \frac{\pi}{2} f(n)$$

$$j^{g(n)} = \cos\beta + j\sin\beta \qquad \text{avec } \beta = \frac{\pi}{2} g(n)$$

$$k^{h(n)} = \cos\gamma + k\sin\gamma \qquad \text{avec } \gamma = \frac{\pi}{2} h(n)$$

d'où :

$$\begin{aligned} i^{f(n)}\ j^{g(n)}\ k^{h(n)} = {} & \cos\alpha\cos\beta\cos\gamma + i\sin\alpha\cos\beta\cos\gamma \\ & + j\sin\beta\cos\gamma\cos\alpha + k\sin\gamma\cos\alpha\cos\beta \\ & + ijk\sin\alpha\sin\beta\sin\gamma + jk\cos\alpha\sin\beta\sin\gamma \\ & + ki\cos\beta\sin\gamma\sin\alpha + ij\cos\gamma\sin\alpha\sin\beta \end{aligned}$$

La condition d'anti-induction

$$\Sigma\, i^{f(n)}\ j^{g(n)}\ k^{h(n)} = o$$

Digitized by Google

est donc équivalente aux 8 conditions simultanées obtenues en annulant les sommes Σ des coefficients de 1, $i$, $j$..... dans l'expression précédente. Or il est facile de vérifier que les 8 équations obtenues sont équivalentes aux 8 suivantes :

$$\Sigma \cos(\alpha+\beta+\gamma)=0 \qquad \Sigma \sin(\alpha+\beta+\gamma)=0$$
$$\Sigma \cos(\alpha+\beta-\gamma)=0 \qquad \Sigma \sin(\alpha+\beta-\gamma)=0$$
$$\Sigma \cos(\alpha+\gamma-\beta)=0 \qquad \Sigma \sin(\alpha+\gamma-\beta)=0$$
$$\Sigma \cos(\alpha-\beta-\gamma)=0 \qquad \Sigma \sin(\alpha-\beta-\gamma)=0$$

équivalentes elles-mêmes aux 4 conditions imaginaires suivantes :

$$\Sigma e^{i}(\alpha+\beta+\gamma)=0 \qquad \Sigma e^{i}(\alpha+\gamma-\beta)=0$$
$$\Sigma e^{i}(\alpha+\beta-\gamma)=0 \qquad \Sigma e^{i}(\alpha-\beta-\gamma)=0$$

ou enfin en posant :

$$F(n)=f(n)+g(n)+h(n)$$
$$G(n)=f(n)+g(n)-h(n)$$
$$H(n)=f(n)+h(n)-g(n)$$
$$E(n)=f(n)-g(n)-h(n)$$

aux quatre conditions imaginaires simultanées

$$\Sigma i^{F(n)}=0 \qquad \Sigma i^{G(n)}=0 \qquad \Sigma i^{H(n)}=0 \qquad \Sigma i^{E(n)}=0$$

Le problème est donc ramené à l'étude de l'anti-induction de 4 circuits fictifs par rapport à un fil inducteur sans rotation.

Or $g(n)+h(n)=u+v=q$ n'est autre chose que la fonction $\varphi(n)$ définie page 16.

Donc les fonctions $F(n)$ et $E(n)$ ne sont autres que les fonctions $F(n)$ et $\Phi(n)$ définies page 302.

Quant à la fonction $\Psi(n)=g(n)-h(n)=u-v$, elle est égale à 0 ou à 1 selon que le nombre $q$ de rotations qui précèdent l'élément considéré de rang $n$ dans le groupe du fil télégraphique est pair ou impair.

Ceci posé, s'il n'y a pas anti-induction sur la longueur de ligne envisagée c'est que l'un au moins des résidus des circuits fictifs n'est pas nul.

Soient donc

$$\Sigma i^{F(n)}=A_1+iB_1 \qquad \Sigma i^{E(n)}=A_2+iB_2$$
$$\Sigma i^{G(n)}=A_3+iB_3 \qquad \Sigma i^{H(n)}=A_4+iB_4$$

ces résidus auxquels nous pouvons donner le nom de *résidus auxiliaires*.

Digitized by Google

Il est facile de voir que le résidu vrai E est donné par la formule

$$4E = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + i(B_1 + B_2 + B_3 + B_4) + j(B_1 + B_3 - B_2 - B_4) + k(B_1 + B_4 - B_2 - B_3) + ijk(B_3 + B_4 - B_1 - B_2) + jk(A_3 + A_4 - A_1 - A_2) + ki(A_2 + A_3 - A_1 - A_4) + ij(A_2 + A_4 - A_1 - A_3)$$

$$4E = (1 - jk)\left[\Sigma i^{F(n)} + \Sigma i^{E(n)}\right] - i(j + k)\left[\Sigma i^{F(n)} - \Sigma i^{E(n)}\right] + (1 + jk)\left[\Sigma i^{G(n)} + \Sigma i^{H(n)}\right] - i(j - k)\left[\Sigma i^{G(n)} - \Sigma i^{H(n)}\right]$$

La discussion détaillée des résidus auxiliaires $\Sigma i^{H(n)}$ et $\Sigma i^{E(n)}$ a déjà été faite et nous a conduits au tableau I.

Il nous reste à faire la discussion des deux autres.

Or la fonction $\Psi(n)$ est définie exactement comme la fonction $\varphi(n)$ de la page 308. Les inductions télégraphiques $\Sigma i^{G(n)}$ et $\Sigma i^{H(n)}$ sont donc exactement les mêmes que les inductions $\Sigma i^{F(n)}$ et $\Sigma i^{\Phi(n)}$ de la page 309 pour le cas d'un circuit simple et d'un circuit approprié de deux groupes différents.

L'étude de l'induction mutuelle d'un circuit et d'un fil soumis à des rotations résulte donc de la combinaison des tableaux I et II.

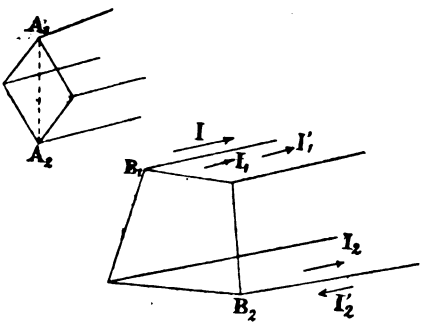



Fig. 12.

Cela était bien évident *à priori*. Considérons un circuit $A_1 A_2$ d'un groupe et un fil télégraphique $B_1$ d'un autre groupe.

Soit I le vecteur représentatif du courant télégraphique dans le fil

Digitized by Google

$B_1$. Ce courant est équivalent à la somme des deux courants moitié moindres $I_1$ et $I'_1$

$$I_1 = \frac{I}{2} \qquad I'_1 = \frac{I}{2}$$

On ne change rien à l'induction mutuelle du courant I et du circuit $A_1A_2$ en imaginant que le fil $B_2$ soit parcouru par deux courants égaux et de sens contraires $I_2$ et $I'_2$.

$$I_2 = I_1 \quad \text{et} \quad I'_2 = -I'_1$$

Mais alors, cette induction mutuelle peut être considérée comme la somme de deux inductions : l'induction mutuelle entre le circuit $A_1 A_2$ et le circuit $I'_1 I'_2$, l'induction mutuelle entre le circuit $A_1 A_2$ et le circuit approprié $I_1 I_2$.

La combinaison des tableaux I et II donne le tableau IV où nous avons désigné par $\alpha_1$ $\alpha_2$ $\alpha_3$ ou $\alpha_4$, $\beta_1$ $\beta_2$ $\beta_3$ ou $\beta_4$, $\gamma_1$ $\gamma_2$ $\gamma_3$ ou $\gamma_4$ les différents cas où se trouvent les circuits fictifs $F(n)$, $E(n)$, $G(n)$, $H(n)$ ; $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ étant les différents cas envisagés page 9.

## EXAMEN DES LOIS D'ANTI-INDUCTION

Les inductions mutuelles diverses que nous avons récapitulées page 317 donnent lieu à différentes lois d'anti-induction qui sont résumées page 290, page 292 et dans les tableaux I, II et III.

Ces lois sont extrêmement générales et ne supposent qu'une chose, c'est que les différentes rotations que subit chacun des groupes se succèdent suivant une loi périodique, d'ailleurs absolument quelconque.

Elles coïncident le plus souvent avec celles énoncées par M. Drouët dans l'étude qu'ont récemment publiée les *Annales*. Et si l'appareil mathématique qu'il nous a fallu employer pour les établir paraît un peu compliqué, cela tient à la très grande généralité de ces lois, énoncées par M. Drouët dans le cas particulier de rotations équidistantes avec rotations anormales périodiques.

Dans les lois qu'énonce M. Drouët interviennent les nombres de rotations de chaque circuit dans la périodicité commune qui ne sont autres que les nombres $p_1$ et $p_2$ de notre étude (page 303) ou $\lambda_2 \omega_1$ et $\lambda_1 \omega_2$.

Digitized by Google

Nous relevons toutefois entre son étude et la nôtre quelques divergences en ce qui concerne :
l'anti-induction des circuits conjugués d'un groupe,

» d'un combiné et d'un circuit du même groupe,
» » et d'un circuit d'un autre groupe (cas de $\omega_s$ impair et de $\lambda_t$ impair),
» d'un circuit approprié et du circuit conjugué du groupe,
» d'un circuit approprié et d'un circuit combiné de groupes différents.

Etant donné la grande généralité de ces lois, il semble logique de commencer par les appliquer lorsqu'on aura à examiner un système de deux groupes soumis à des lois de rotation un peu compliquées.

Toutes les fois que l'on se trouvera en présence de l'un des cas $\gamma$ signalé par les tableaux, on sera sûr qu'il ne peut y avoir anti-induction que si les résidus sont nuls dans la longueur d'une période ou d'une périodicité commune d'ailleurs absolument arbitraire.

Si l'on obtient l'un des cas $\alpha$ ou $\beta$, on sera certain qu'il y a anti-induction au moins dans la longueur de 4 ou de 2 périodes ou périodicités communes. Dans l'un comme dans les autres cas on pourra alors vérifier si ces résidus sont nuls ou en calculer la valeur en appliquant dans la longueur de la période ou de la périodicité commune soit le procédé des diagrammes utilisé par M. Drouët, soit l'élégante méthode arithmétique tirée par M. Pomey de la théorie des congruences, soit enfin le calcul d'imaginaires qui nous a servi ici et qui permet d'appliquer les méthodes du calcul algébrique.

### Systèmes cohérents de rotations

Il est bien certain que les armements spéciaux et au premier rang l'armement en carré (armement Lorain) seront toujours bien préférables aux autres à cause des anti-inductions particulières qu'ils réalisent complètement sur n'importe quel parcours, à savoir l'anti-induction :

Digitized by Google

Carré
- entre un combiné et le groupe approprié de ce combiné } Dans tout armement à diagonales égales (Rectangles)

Losange
- entre circuits d'un même groupe } Dans tout armement en quadrilatère antiinducté $ac = bd$ (diagonales rectangulaires)
- entre un circuit approprié et le circuit conjugué du groupe
- entre un circuit et le combiné du même groupe. } Dans l'armement en losange ou en carré

**Toutefois la** nécessité de toutes les autres anti-inductions à réaliser **conduit aux** mêmes conditions par les lois de rotation, qu'il s'agisse **ou non** de ces armements particuliers :
**ou bien** les lois choisies devront annuler dans la période ou la périodicité commune le résidu ou les résidus auxiliaires
**ou bien** les diverses valeurs de $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$ $\lambda_1$ et $\lambda_2$ devront satisfaire aux conditions de parités suivantes :

1° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs pour l'anti-induction entre circuits d'un groupe

2° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs pour l'anti-induction entre circuit combiné-télégraphe sans rotation.

3° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs pour l'anti-induction entre : circuit combiné—groupe approprié différent.

4° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs ou mult. 4 + 2 pour l'anti-induction entre circuit—télégraphe sans rotation.

5° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs ou mult. 4 + 2 pour l'anti-induction entre circuit approprié—circuit conjugué.

6° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs ou mult. 4 + 2 pour l'anti-induction entre circuit combiné.—Le même groupe approprié.

7° $\mathfrak{G}_1$ $\mathfrak{G}_2$.... impairs ou mult. 4 + 2 pour l'anti-induction entre circuit—circuit combiné du même groupe.

8° Tableau I (cas soulignés) circuits de groupes différents.

9° Tableau II (cas soulignés) circuit—circuit approprié groupes différents.

10° » (cas soulignés) circuit—circuit combiné.

Digitized by Google

11° Tableau III (cas soulignés) circuit combiné—circuit approprié (groupes différents).

12° » (cas soulignés) circuit combiné—circuit combiné (groupes différents).

13° Tableau IV (cas soulignés) circuit simple—télégraphe avec rotation.

Cependant si les tableaux I et III satisfont bien à la condition de réciprocité, il n'en est pas de même des tableaux II et IV et il faudra considérer également les tableaux II' et IV' qui expriment les conditions à réaliser pour que l'anti-induction régie par les tableaux II et IV entre un premier groupe et un second s'applique entre le second groupe et le premier. C'est qu'on ne peut savoir d'avance en effet quels seront les groupes utilisés pour tel ou tel usage (circuit approprié, fil télégraphique). Or la comparaison des tableaux IV et IV' nous montre qu'ils sont absolument contradictoires : si dans certaines circonstances de parité l'un des deux tableaux donne les cas $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \alpha_4$ ou $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3\ \beta_4$, l'autre tableau donnera le cas $\gamma$ pour deux des circuits fictifs. Cette circonstance compliquerait d'autant la recherche d'un système cohérent de rotations, c'est-à-dire d'un système de rotations où toutes les catégories d'anti-inductions seraient réalisées : d'où cette première conclusion.

*Il est interdit d'utiliser au télégraphe un fil subissant des rotations.*

Les 4 tableaux restants I, II, II' et III n'en sont pas moins contradictoires et, dans quelque circonstance de parité que l'on se place, l'un au moins d'entre eux donne le cas $\gamma$.

Ce qui paraît le plus simple dans la recherche d'un système de rotations cohérent, c'est de supposer $\mathfrak{G}_1\ \mathfrak{G}_2 \ldots$ impairs, de manière à assurer les 7 premières anti-inductions de l'énumération précédente pour tous les groupes ; ensuite, quelles que soient les parités des couples de valeurs $\lambda_1$ et $\lambda_2$, deux des tableaux donneront des anti-inductions $\alpha_1\ \alpha_2$ ou $|\overline{\beta_1\ \beta_2}|$ pour le couple de groupes considéré. La difficulté du problème sera de trouver pour un ensemble de 16 groupes (armement de 4 traverses à 4 groupes) des lois de rotation qui annulent périodiquement les résidus fictifs des deux autres tableaux.

Nous allons examiner le nouveau système de rotations adopté par l'administration française, vérifier quelles sont les anti-inductions réalisées, sur quelles longueurs, et rechercher des limites supérieures des résidus pour un segment de ligne quelconque.

Digitized by Google

Ce système comporte 4 groupes fondamentaux A, B, C, D, soumis à des lois périodiques simples de rotation ; mais, ces lois sont elles-mêmes périodiquement rompues par des rotations anormales diversement réparties suivant la position des groupes sur les traverses.

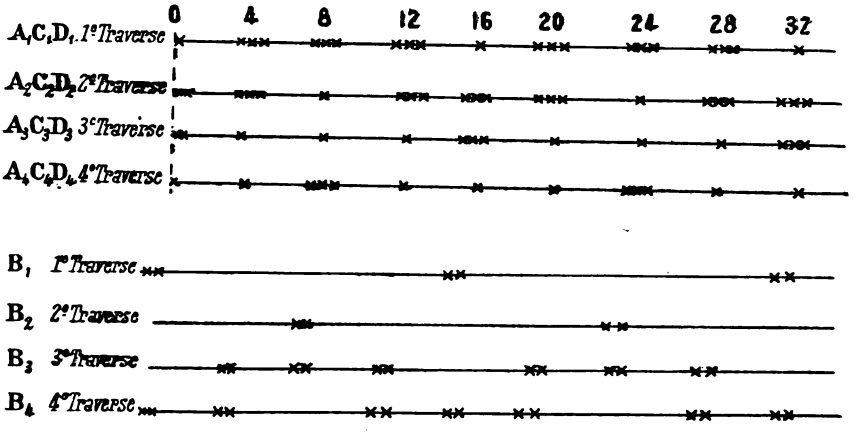



Fig. 13.

Supposons d'abord que ces périodes supérieures n'existent pas, et soit $n$ un kilomètre entier quelconque, on aboutit alors aux tableaux V et VI.

En résumé, seules n'ont jamais lieu ni dans l'intervalle d'une périodicité commune, ni par multiples entiers de périodicités communes les anti-inductions 9 et 10 entre un groupe A et un groupe C, entre un groupe C et un groupe D.

N'ont pas lieu non plus les anti-inductions 13 entre un groupe A et un groupe C, un groupe C et un groupe A, un groupe C et un groupe D, un groupe D et un groupe C. Négligeons pour un moment ces exceptions. Toutes les anti-inductions de circuits de noms différents sont réalisées dans une section de 4 kilomètres commençant à un kilomètre entier. Si on laissait telles quelles les lois de rotation, les groupes de même nom seraient soumis à la même loi de rotation ; par suite on aurait :

$$\sigma_1 = \sigma_2 \qquad \lambda_1 = \lambda_2 = 4$$

et l'on voit que sur le tableau I par exemple, on serait toujours dans le cas $\gamma_1\ \gamma_3$. Même dans le cas de l'armement en carré pour tous les

Digitized by Google

groupes, les circuits de deux groupes du même nom seraient deux à deux constamment parallèles. Il n'y aurait jamais anti-induction.

Mais si l'on introduit dans les lois de rotation certaines rotations anormales convenablement réparties on peut, sans troubler les anti-inductions entre groupes de noms différents, rompre ce parallélisme ou cette identité des lois de rotation des groupes de même nom. Il suffira à cet effet que ces rotations anormales aient lieu en des points kilométriques dont les mesures soient des nombres entiers qui diffèrent les uns des autres d'un multiple entier de 4.

On pourra choisir par exemple les kilomètres 0.4.8.12.16....

D'autre part, les différentes inductions à annuler donnent lieu dans chaque section de 4 km. (commençant à un km. entier mult. de 4) à un résidu qui est constant à un facteur près : le produit des symboles du premier élément de chaque section de 4 kilomètres dans les deux groupes. Tout se passe donc à un coefficient près de proportionnalité comme si l'on avait affaire à des groupes ne subissant aucune rotation entre les km. multiples de 4 mais subissant en certains de ces points kilométriques des rotations simples, doubles ou triples définies par les diagrammes suivants qui sont la traduction du diagramme des rotations anormales dans la période des traverses du nouveau système adopté par l'Administration française.

Si nous désignons alors par $T_1$, $T_2$, $T_3$ ou $T_4$ l'un quelconque des groupes ACD selon qu'il appartient à la première, deuxième, troisième ou quatrième traverse et par $B_1$, $B_2$, $B_3$ ou $B_4$ un groupe B selon la traverse où il se trouve, on aboutit aux tableaux à double entrée VII et VIII. On peut remarquer qu'une rotation triple dextrorsum est équivalente à une rotation simple sinistrorsum ; et qu'elle se traduit dans la notation symbolique par un diviseur $\frac{1}{i}$ ou un multiplicateur $i^{-1}$.

Ces tableaux nous prouvent que si les anti-inductions 9 et 10 et quelques unes des anti-inductions 13 ne sont pas réalisées dans la période de 4 km. de traverses pour les combinaisons AC, CA, CD et DC, elles le sont pour la plupart sur certains segments de ligne de 16 km. au plus.

Il en est ainsi pour les anti-inductions 9 et 10 des combinaisons AC et CD pourvu qu'il s'agisse des groupes A, C, D appartenant à des traverses différentes.

Il en est ainsi pour les anti-inductions 13, sauf s'il s'agit des combinaisons

$$A_1C_3,\ C_3A_1,\ A_2C_4,\ C_4A_2,\ C_1D_3,\ C_3D_1,\ C_2D_4,\ C_4D_2$$

Digitized by Google

Enfin l'examen des anti-inductions 9 et 10 pour les combinaisons des groupes AC et CD, s'ils appartiennent à la même traverse, aboutit au tableau IX.

Nous avons ainsi examiné toutes les combinaisons possibles des groupes entre eux ; et si, comme nous l'avons dit, nous nous interdisons d'employer au télégraphe un fil subissant des rotations nous pouvons conclure :

Toutes les anti-inductions sont réalisées, sauf : les anti-inductions de circuits de même nom ACD portés, l'un par la première, l'autre par la 3e traverse ; ou l'un par la deuxième, l'autre par la 4e traverse.

Les anti-inductions 11 et 12 (circuit combiné—circuit approprié circuit combiné—circuit combiné) de groupes de même nom.

Les tableaux V, VI, VII, VIII, IX permettent de trouver immédiatement une limite supérieure du résidu dans un cas quelconque et pour une longueur de ligne arbitraire. Il suffit de sectionner cette longueur de ligne en portions complètement anti-inductées ; et le résidu se réduit à celui des deux portions terminales.

Comme le remarque M. Drouët, les quelques anti-inductions qui ne sont pas réalisées concernent des groupes de circuits séparés au moins par une traverse ou par un groupe.

## TABLEAU I

| $\mathcal{O}_1$ (circuit simple) \ $\mathcal{O}_2$ (circuit simple) | mult 4 | mult 4 + 2 | impair |
|---|---|---|---|
| mult 4 | $\gamma_1\ \gamma_2$ | $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_1$ pair $\gamma_1\ \gamma_2$ | $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2$<br>$\lambda_1$ *mult 4 + 2* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_1$ mult 4 $\gamma_1\ \gamma_2$ |
| mult 4 + 2 | $\lambda_2$ *impair* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_2$ pair $\gamma_1\ \gamma_2$ | $\lambda_1$ *et* $\lambda_2$ *de parité différentes* $\beta_1\beta_2$<br>$\lambda_1\ \lambda_2$ tous deux impairs $\gamma_1\ \gamma_2$ | $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2$<br>$\lambda_1$ *mult 4* $\lambda_2$ *impair* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_1$ mult 4 + 2 $\lambda_2$ impair $\gamma_1\ \gamma_2$ |
| impair | $\lambda_2$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2$<br>$\lambda_2$ *mult 4 + 2* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_2$ mult 4 $\gamma_1\ \gamma_2$ | $\gamma_2$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2$<br>$\lambda_1$ *impair* $\lambda_2$ *mult 4* $\beta_1\ \beta_2$<br>$\lambda_2$ impair $\lambda^2$ mult 4 + 2 $\gamma_1\ \gamma^2$ | $\lambda_1$ *et* $\lambda_2$ *de parités différentes* $\alpha_1\ \alpha_2$<br>$\lambda_1$ et $\lambda_2$ tous deux impairs $\beta_1\ \gamma_2$ ; $\gamma_1\ \beta_2$ |



Digitized by Google

## TABLEAU II

| $\mathcal{O}_1$ (circuit simple) | $\mathcal{O}_2$ (circuit approprié) : PAIR | IMPAIR |
|---|---|---|
| mult 4 | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ pair $\gamma_1\,\gamma_2$<br>$\lambda_2$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ |
| mult + 2 | $\lambda_2$ *impair* $\beta_1\,\beta_2$<br>$\lambda_2$ pair $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ *pair* $\lambda_2$ *impair* $\overline{\beta_1\,\beta_2}$<br>$\lambda_1$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ |
| impair | $\lambda_2$ *impair* $\alpha_1\,\alpha_2$<br>$\lambda_2$ *mult* $4+2$ $\beta_1\,\beta_2$<br>$\lambda_2$ mult 4 $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ *pair* $\lambda_2$ *impair* $\overline{\alpha_1\,\alpha_2}$<br>$\lambda_1$ *impair* $\lambda_2$ *impair* $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_2$ pair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ |

## TABLEAU II'

| $\mathcal{O}_1$ (circuit approprié) | $\mathcal{O}_2$ (circuit simple) : MULT 4 | MULT 4 + 2 | IMPAIR |
|---|---|---|---|
| pair | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\,\beta_2$<br>$\lambda_1$ pair $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$*impair* $\alpha_1\,\alpha_2$<br>$\lambda_1$*mult* 4 + 2 $\beta_1\,\beta_2$<br>$\lambda_1$mult $\gamma_1\,\gamma_2$ |
| impair | $\lambda_2$ pair $\gamma_1\,\gamma_2$<br>$\lambda_2$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ | $\lambda_2$ *pair* $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\,\beta_2$<br>$\lambda_2$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ | $\lambda_2$ *pair* $\lambda_1$*impair* $\alpha_1\,\alpha_2$<br>$\lambda_2$ *impair* $\lambda_1$*impair* $\overline{\beta_1\,\beta_2}$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_1$pair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ |

## TABLEAU III

| $\mathcal{O}_1$ (circuit combiné) | $\mathcal{O}_2$ (circuit approprié) : MULT | MULT 4 + 2 | IMPAIR |
|---|---|---|---|
| mult 4 | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$<br>$\lambda_1$ pair $\gamma_1\,\gamma_2$ |
| mult 4+2 | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\gamma_1\,\gamma_2$ | $\lambda_1$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$<br>$\lambda_1$ *pair* $\lambda_2$ *impair* $\beta_1\,\beta_2$ |
| impair | $\gamma_2$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$<br>$\gamma_2$ pair $\lambda_1\,\lambda_2$ | $\gamma_2$ impair $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$<br>$\gamma_2$ *pair* $\gamma_1$ *impair* $\beta_1\,\beta_2$ | $\overline{\gamma_1\,\gamma_2}$ |

Digitized by Google

## TABLEAU IV

$\mathfrak{S}_2$ (FIL TÉLÉGRAPHIQUE)

| $\mathfrak{S}_1$ (circuit simple) | MULT 4 | MULT 4 + 2 | IMPAIR |
|---|---|---|---|
| mult 4 | $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ | $\gamma_1$ impair $\beta_1\beta_1\gamma_2\gamma_4$<br>$\gamma_1$ pair $\gamma_1\gamma_1\gamma_2\gamma_4$ | $\lambda_1$ impair $\alpha_1\ \alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_1$ mult 4 + 2 $\beta_1\ \beta_2\ \gamma_3\ \gamma_4$<br>$\lambda_1$ mult 4 $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3\ \gamma_4$ |
| mult 4 + 2 | $\lambda_2$ *impair* $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3\ \beta_4$<br>$\lambda_2$ pair $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3\ \gamma_4$ | $\lambda_1$ *pair* $\lambda_1$*impair* $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3\ \beta_4$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_1$pair $\beta_1\ \beta_2\ \gamma_3\ \gamma_4$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_1$pair $\beta_1\ \beta_2\ \gamma_3\ \gamma_4$ | $\lambda_1$ impair $\alpha_1\ \alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_1$ *mult 4* $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4$<br>$\lambda_1$ mult 4 + 2 $\lambda_1$ impair $\gamma_1\gamma_2\beta_3\beta_4$ |
| impair | $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \alpha_4$<br>$\lambda_1$ *mult 4 + 2* $\beta_1\ \beta_2\ \beta_3\ \beta_4$<br>$\lambda_2$ mult 4 $\gamma_1\ \gamma_2\ \gamma_3\ \gamma_4$ | $\gamma_2$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \alpha_4$<br>$\lambda_2$ mult 4 $\lambda_1$ impair $\beta_1\ \beta_2\ \gamma_3\ \gamma_4$<br>$\lambda_2$ mult 4 + 2 $\lambda_1$ impair $\gamma_1\gamma_2\beta_3\beta_4$ | $\lambda_1$ *pair* $\lambda_2$ *impair* $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \alpha_4$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_2$ pair $\alpha_1\ \alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_1$ impair $\lambda_2$ impair $\begin{matrix}\beta_1\ \gamma_2\\ \gamma_1\ \beta_2\end{matrix}$ $\boxed{\beta_3\beta_4}$ |

## TABLEAU IV′

$\mathfrak{S}_2$ (CIRCUIT SIMPLE)

| $\mathfrak{S}_1$ (fil télégraphique) | MULT 4 | MULT 4 + 2 | IMPAIR |
|---|---|---|---|
| mult 4 | $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ | $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4$<br>$\lambda_1$ pair $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ | $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$<br>$\lambda_1$ *mult 4 + 2* $\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4$<br>$\lambda_1$ mult 4 $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ |
| mult 4 + 2 | $\lambda_2$ impair $\beta_1\beta_2\gamma_3\gamma_4$<br>$\lambda_2$ pair $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ | $\lambda_2$ *pair* $\lambda_1$*impair* $\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4$<br>$\lambda_2$ impair $\lambda_1$ pair $\beta_1\beta_2\gamma_3\gamma_4$<br>$\lambda_2$ impair $\lambda_1$ impair $\gamma_1\gamma_2\beta_3\beta_4$ | $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$<br>$\lambda_1$ mult 4 $\lambda_2$ impair $\beta_1\beta_2\gamma_3\gamma_4$<br>$\lambda_1$ mult 4 + 2 $\lambda_2$ impair $\gamma_1\gamma_2\beta_3\beta_4$ |
| impair | $\gamma_2$ impair $\alpha_1\alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_2$ mult 4 + 2 $\beta_1\beta_2\gamma_3\gamma_4$<br>$\lambda_2$ mult 4 $\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4$ | $\lambda_2$ impair $\alpha_1\alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_2$ *mult 4* $\lambda_1$ *impair* $\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4$<br>$\lambda_2$ mult 4 + 2 $\lambda_1$ impair $\gamma_1\gamma_2\beta_3\beta_4$ | $\lambda_2$ *pair* $\lambda_1$ *impair* $\alpha_1\alpha_2\ \boxed{\alpha_3\alpha_4}$<br>$\lambda_2$ impair $\gamma_1$ pair $\alpha_1\alpha_2\ \boxed{\gamma_3\gamma_4}$<br>$\lambda_2$ impair $\gamma_1$ impair $\begin{matrix}\beta_1\ \gamma_2\\ \gamma_1\ \beta_2\end{matrix}$ $\boxed{\beta_3\beta_4}$ |

Digitized by Google

## TABLEAU V

$n$ = nombre entier quelconque

| | ANTIINDUCTION 1) 2) et 3) | ANTIINDUCTION 4) 5) 6) 7) |
|---|---|---|
| Groupe A | Tous les 500m | Tous les 1.000m |
| Groupe B | du km. $n$ au km. $n + \frac{1}{2}$<br>du km. $n + \frac{1}{2}$ au km. $n + 2$ | du km. $n$ au km. $n + 1$ |
| Groupe C | Tous les 1.000m | Tous les 2.000m |
| Groupe D | Tous les 2.000m | Tous les 4.000m |

Digitized by Google

# TABLEAU VI

## $n$ = nombre entier quelconque

| | ANTIINDUCTION 8) | ANTIINDUCTION 9) | ANTIINDUCTION 10) | ANTIINDUCTION 11) | ANTIINDUCTION 12) | ANTIINDUCTION 13) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AB | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| BA | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| AC | du km $n$ au km $n+2$ | | | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | |
| CA | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | |
| AD | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ |
| DA | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ du km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| BC | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| CB | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| BD | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ |
| DB | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+4$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+2$ | du km $n$ au km $n+\frac{1}{2}$ du km $n+\frac{1}{2}$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+4$ |
| CD | du km $n$ au km $n+4$ | | | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | |
| DC | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+4$ | du km $n$ au km $n+1$ | du km $n$ au km $n+1$ | |

Digitized by Google

# TABLEAU VII

$n$ = nombre entier quelconque

| | ANTIINDUCTION 8) | ANTIINDUCTION 9) | ANTIINDUCTION 10) | ANTIIN-DUCTION 11 | ANTIIN-DUCTION 12 | ANTIINDUCTION 13) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1\ T_2$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $16n$ au km $16(n+1)$ | | | | du km $16n$ au km $16(n+1)$ |
| $T_2\ T_4$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ |
| $T_4\ T_2$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $16n$ au km $17(n+1)$ | | | | |
| $T_3\ T_4$ | | du km $16n$ au km $16(n+1)$ | | | | |
| $T_4\ T_3$ | | du km $16n$ au km $16(n+1)$ | | | | du km $16n$ au km $16(n+1)$ |
| $T^4\ T_4$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+1)$ |
| $T_2\ T_3$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ |
| $T_3\ T_2$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $16n$ au km $16(n+1)$ | | | | du km $16n$ au km $16(n+2)$ |
| $T_4\ T_2$ | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | |
| $T_1\ T_2$ | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | |
| $T_3\ T_4$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $16n$ au km $16(n+1)$ | | | | du km $16n$ au km $16(n+1)$ |
| $T_4\ T_3$ | du km $n$ au km $n+16$ | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ | | | | du km $8(2n+1)$ au km $8(2n+3)$ |

Digitized by Google

# TABLEAU VIII

## $n$ = nombre entier quelconque

| | ANTIINDUCTION 8) | ANTIINDUCTION 9) | ANTIINDUCTION 10) | ANTIIN-DUCTION 11 | ANTIIN-DUCTION 12 | ANTIINDUCTION 13) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $B_1$ $B_2$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+2)$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 8 $(2n+1)$ au km 8 $(2n+3)$ |
| $B_2$ $B_1$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+2)$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 16 $n$ au km 16 $(n+1)$ |
| $B_1$ $B_3$ | du km $n$ au km $n+8$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 8 $(2n+1)$ au km 8 $(2n+3)$ |
| $B_3$ $B_1$ | du km $n$ au km $n+8$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 16 $n$ au km 16 $(n+1)$ |
| $B_1$ $B_4$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 8 $(2n+1)$ au km 8 $(2n+3)$ |
| $B_3$ $B_4$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ |
| $B_2$ $B_3$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 16 $n$ au km 8 $(n+1)$ |
| $B_3$ $B_2$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ |
| $B_2$ $B_4$ | du km $n$ au km $n+8$ | du km $n$ au km $n+32$ | | | | du km 16 $n$ au km 16 $(n+1)$ |
| B $B_2$ | du km $n$ au km $n+8$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ |
| $B_3$ $B_4$ | du km 4 $n$ au km 4 $(n+2)$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 16 $n$ au km 16 $(n+1)$ |
| $B_4$ $B_3$ | du km 4 $n$ au km 4 $(n+2)$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n+1)$ | | | | du km 8 $n$ au km 8 $(n+2)$ |

Digitized by Google

## TABLEAU IX

$n$ = nombre entier quelconque

| | ANTIINDUCTION 9) | ANTIINDUCTION 10) | ANTIINDUCTION 13) |
|---|---|---|---|
| $A_1$ $C_1$<br>$C_1$ $D_1$ | du km 16 $n$ au km 16 $(n + 1)$ | | |
| $A_2$ $C_2$<br>$C_2$ $D_2$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n + 2)$ | | |
| $A_3$ $C_3$<br>$C_3$ $D_3$ | du km 16 $n$ au km 16 $(n + 1)$ | | |
| $A_4$ $C_4$<br>$C_4$ $D_4$ | du km 8 $n$ au km 8 $(n + 2)$ | | |

Digitized by Google

# LA COMBINAISON DES CIRCUITS

## RÉFLEXIONS SUR LA TERMINOLOGIE EN USAGE

Par M. CAUCHIE,
Rédacteur des Postes et télégraphes.

La combinaison des circuits téléphoniques a fait récemment l'objet d'une instruction spéciale que l'administration française des postes et télégraphes a mise entre les mains de son personnel technique. A ce propos, il semble utile de dire deux mots d'une question qui est certainement de la plus haute importance car c'est une question de terminologie.

Dans tous les textes en français qui se rapportent à la combinaison des circuits, on fait usage, entre autres, des mots *combiné* et *combinant*, en employant le premier dans un sens détourné qui prête à confusion, et en attribuant au second une signification que la langue française ne lui permet pas d'avoir.

Lorsque l'on a combiné deux circuits, il est de toute évidence que ceux-ci sont des circuits *combinés* ; le mot *combinant*, qui leur est appliqué, n'a dans ce cas rigoureusement aucun sens : il ne pourrait signifier que : « la personne qui combine deux circuits ». Quant au circuit complexe qui résulte de la combinaison des deux circuits, il n'est guère logique de l'appeler *combiné*, puisqu'il n'est combiné à rien.

Certains auteurs, d'ailleurs très rares, se servent de traductions plus ou moins exactes des deux expressions anglaises *physical circuit* (circuit matériel) et *phantosm circuit* (circuit imaginaire). On ne peut guère souhaiter que cet usage se répande : ces expressions, il est vrai, ne sont pas, comme *combiné* et *combinant*, contraires à toute logique ; mais elles sont impropres, car le circuit résultant de la combinaison de deux autres est

Digitized by Google

tout aussi matériel que ceux-ci, puisqu'il est formé de quatre fils.

Il semble qu'on pourrait très bien se servir des mots *bifilaire* et *quadrifilaire*, qui ont toute l'exactitude et toute la précision désirables. En leur adjoignant le verbe *combiner*, actuellement employé, et qu'il est inutile de remplacer par un autre puisqu'il est parfaitement explicite, on aurait des phrases du genre de celles-ci : « Si ces deux circuits bifilaires sont combinés ensemble, on dispose, en outre, d'un circuit quadrifilaire de combinaison », « Lorsqu'on a réalisé la combinaison de deux circuits bifilaires, le circuit quadrifilaire obtenu peut, aussi bien que les deux circuits combinés [*ou* : bifilaires combinés], être approprié à la télégraphie et à la téléphonie simultanées ». « Le trafic téléphonique entre ces deux villes est assuré par deux circuits bifilaires et un circuit quadrifilaire ».

Il est grandement à désirer qu'un congrès de terminologie télégraphique et téléphonique vienne apporter un peu de logique dans les appellations techniques. Il va de soi qu'un tel congrès devrait renfermer dans son sein des linguistes, *qui décideraient en dernier ressort*, et qui s'opposeraient, par exemple, à ce qu'on prît, dans la langue générale, un mot dont la signification résulte d'une évolution de plus de vingt siècles, pour lui appliquer brusquement et brutalement un sens qui choque la raison.

En attendant que la terminologie technique soit ainsi mise en harmonie avec la langue générale, il semble que l'emploi des expressions proposées ci-dessus pour la combinaison des circuits ne pourrait présenter que des avantages.

Digitized by Google

## Service d'Études et de Recherches Techniques
## DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

### Utilisation des courants alternatifs industriels dans les bureaux télégraphiques

Les difficultés que l'on éprouve depuis la guerre à se procurer des piles, à cause du manque de verrerie et aussi de la rareté de certaines matières comme le bioxyde de manganèse ou le sulfate de cuivre, ont conduit à envisager l'utilisation des courants industriels dans les bureaux télégraphiques pour remplacer les piles.

Si l'on suppose que l'installation télégraphique est montée en batterie universelle, on doit pouvoir disposer des voltages suivants : 150 volts +, 150 volts — pour la transmission, 30 volts + pour les fonctions de l'appareil Baudot. Le débit, très irrégulier, peut varier de 0 à 2 ou 3 ampères dans les bureaux importants.

Si l'on consent à perdre un voltage de 120 volts dans des résistances de compensation, on peut alimenter les fonctions des appareils Baudot sur 150 volts + ou sur 150 volts —, ce qui réduit à 2 le nombre des voltages nécessaires. Une meilleure solution consisterait à rebobiner les électro-aimants de l'appareil Baudot (électros aiguilleurs, électros de cadence et de frein) afin qu'ils fonctionnent normalement sous 150 volts tout en gardant le même encombrement et en produisant les mêmes effets mécaniques.

Il est donc finalement possible de réduire le problème général à celui-ci : produire dans le bureau télégraphique, en utilisant l'énergie des réseaux industriels de distribution électrique, des sources de courant continu ayant des voltages + 150 volts et — 150 volts. L'utilisation directe des courants industriels, sans

Digitized by Google

aucun dispositif intermédiaire entre le secteur et les appareils télégraphiques, n'est possible que dans le cas des réseaux de distribution de courants continus à plusieurs fils (3 ou 5) sous des tensions constantes supérieures à 110 volts (généralement 220, 440 ou 500 volts), sur lesquels le fil neutre ou fil compensateur est à la terre et sur lesquels le service est assuré d'une façon permanente, de sorte que l'énergie ne saurait en aucun cas manquer dans la salle des transmissions télégraphiques. Malheureusement de tels réseaux de distribution à plusieurs fils alimentent généralement des moteurs électriques et des tramways et la tension n'y a pas la constance et la régularité désirables pour le bon fonctionnement du télégraphe. Enfin ce genre de distribution se rencontre rarement et semble même devoir être abandonné, car il nécessite de nombreux conducteurs et présente des dangers de surtension par suite de la rupture du fil neutre ou compensateur en un point quelconque.

Lorsque la distribution de courant continu ne se fait pas par plusieurs fils avec neutre à la terre et sous des tensions immédiatement utilisables pour le télégraphe, il faut avoir recours à un intermédiaire capable d'emmagasiner l'énergie du réseau industriel de distribution électrique et de la restituer sous une forme convenable au bureau électrique. L'intermédiaire tout indiqué est l'accumulateur électrique, dont le prix a augmenté depuis la guerre, mais qui heureusement ne manque pas actuellement sur le marché.

Des accumulateurs au plomb de petite capacité (30 ampère-heures) capables de donner en se déchargeant un courant de 3 ampères pendant 10 heures conviennent bien pour cet usage. Pour les charger sur la distribution de courant continu, on les groupe de manière à utiliser, avec le meilleur rendement possible, la tension sous laquelle se fait cette distribution, en tenant compte du fait qu'un accumulateur donnant dans les conditions normales de décharge une tension variant de 2 volts 1 à 1 volt 83, exige pour sa charge complète une tension variant de 1 volt 9 au début à 2 volts 7 à la fin. Des inverseurs, assemblés sur un tableau comportant les appareils de mesure et les rhéostats

Digitized by Google

nécessaires, permettent de faire commodément les groupements convenables des éléments d'accumulateurs en vue de la charge et de la décharge.

Les réseaux de distribution d'énergie électrique que l'on rencontre le plus souvent et qui tendent à se généraliser ont adopté presque universellement le courant alternatif (à cause de la facilité de production de transformation et d'utilisation de ce courant). Le problème qui se pose donc le plus souvent dans les bureaux télégraphiques où l'on veut utiliser les courants industriels pour remplacer les piles est celui de la transformation du courant alternatif, distribué sous une tension efficace de 110 volts, en courant continu, sous une tension de 150 volts + et de 150 volts — Pour résoudre ce problème l'accumulateur électrique ne suffit plus, il faut un deuxième intermédiaire entre le secteur et l'installation télégraphique : c'est un redresseur, c'est-à-dire un appareil capable de transformer du courant alternatif en courant continu.

Il en existe de différents genres ; si l'on ne considère que ceux qui sont d'une application véritablement industrielle et mettent en jeu une quantité appréciable d'énergie par unité de temps, on peut les classer en trois catégories : 1° les appareils rotatifs (commutatrices, groupes moteur-générateur, permutatrices) ; 2° les soupapes électriques (soupapes électrolytiques, convertisseurs à vapeur de mercure, valves ou tubes à vide) ; 3° les appareils électromagnétiques à trembleurs.

### 1° APPAREILS ROTATIFS

A) *Commutatrices.* — Les commutatrices (ou convertisseurs rotatifs) sont des dynamos à courant continu dont l'induit porte, du côté opposé au collecteur, des bagues reliées à certains points pris d'une façon convenable dans l'enroulement induit. L'alimentation de la commutatrice se fait en reliant ces bagues aux différents pôles d'une distribution de courants alternatifs polyphasés de sorte que, par rapport au réseau, la commutatrice se comporte comme un moteur synchrone à courants alternatifs, tandis que,

Digitized by Google

par rapport au circuit d'utilisation (côté collecteur), elle se comporte comme une génératrice de courant continu. Il existe un rapport constant entre la valeur efficace de la tension alternative du réseau et la valeur de la tension continue fournie par la commutatrice. La valeur théorique de ce rapport est, en supposant la tension alternative sinusoïdale,

$$\frac{\text{E efficace}}{\text{E continue}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{Sin } \frac{\pi}{m}, \quad m = \text{nombre de phases des courants alternatifs d'alimentation}$$

La valeur pratique de ce rapport est toujours supérieure à cette valeur théorique.

On règle la tension continue de la commutatrice en agissant directement sur la tension alternative d'alimentation. On obtient, pour chaque régime de récepteurs en courant continu raccordés à la commutatrice, le meilleur rendement en réglant le courant continu d'excitation de la commutatrice, de telle sorte que le courant alternatif d'alimentation provenant du réseau soit sensiblement en phase avec la tension alternative de ce réseau. Dans ces conditions le rendement peut être excellent (90 % par exemple).

Les commutatrices ne fonctionnent pas bien sur des réseaux de courant alternatif dont la fréquence dépasse 40 périodes par seconde. D'autre part, sur les réseaux de fréquence très basse (inférieure à 10 périodes par exemple) les transformateurs-abaisseurs nécessaires pour alimenter à basse tension les commutatrices coûteraient cher. De sorte que les commutatrices ne peuvent convenir que pour les réseaux de fréquence moyenne. Enfin leur marche est d'autant plus stable et les crachements aux balais d'autant plus rares que les machines ont plus de phases. Aussi les commutatrices triphasées ou hexaphasées sont-elles les plus répandues.

B) *Groupes moteur-générateur.* — Les groupes moteur-générateur, ou groupes convertisseurs, se composent d'un moteur à courant alternatif entraînant une dynamo produisant du courant continu. Ce moteur à courant alternatif peut être un moteur asynchrone (à induit bobiné, à cage d'écureuil, ou à collecteur)

Digitized by Google

ou un moteur synchrone. Les circuits alternatif et continu étant complètement indépendants l'un de l'autre, on peut régler facilement la tension du courant continu en agissant sur le courant d'excitation de la dynamo ; c'est un avantage sur la commutatrice. D'autre part, un groupe convertisseur bien établi fonctionne bien quels que soient la fréquence et le nombre de phases du réseau de courants alternatifs pour lequel ce groupe a été prévu. Par contre, comme le groupe comporte deux machines, son prix d'achat est élevé et son rendement (égal au produit des rendements des deux machines) est médiocre et inférieur à chacun de ces rendements individuels (puisque le rendement d'une machine s'exprime toujours par un nombre compris entre 0 et 1).

C) *Permutatrices.* — Ces machines, qui n'ont pas donné de bons résultats industriels, se composent de deux enroulements fixes bobinés sur un noyau de fer feuilleté ; le premier enroulement possède un certain nombre de prises extérieures reliées aux différents pôles d'un réseau de courants alternatifs polyphasés et sert à engendrer dans le noyau de fer un champ magnétique tournant ; le deuxième enroulement (ou enroulement induit) est divisé en nombreuses sections reliées aux différentes lames d'un collecteur. Le champ magnétique tournant produit sur cet induit fixe le même effet que produirait un champ fixe sur un induit tournant (cas de la génératrice de courant continu ordinaire ou dynamo). Il suffit donc de faire tourner, en synchronisme avec le champ tournant, une paire de balais mobiles frottant sur le collecteur, pour recueillir dans un circuit extérieur relié à ces balais du courant continu.

### 2° SOUPAPES ÉLECTRIQUES

Ces soupapes sont des redresseurs statiques de courants alternatifs ayant l'avantage d'être silencieux, de ne pas exiger comme les machines rotatives une surveillance continuelle et d'être en général d'un entretien facile.

D'autre part, le rendement des commutatrices et des groupes

Digitized by Google

moteur-générateur, qui est très élevé à pleine charge pour les grosses puissances, décroît rapidement avec la charge de sorte que le rendement moyen peut être assez mauvais et que, à ce point de vue, ces appareils rotatifs conviennent mal aux petites puissances, ce qui est le cas du télégraphe.

Dans les soupapes électriques qui sont des dispositifs comportant deux électrodes entre lesquelles le courant ne peut passer que dans un seul sens, il se produit, à l'intérieur de la soupape, une chute de tension entre les électrodes qui varie très peu avec l'intensité du courant traversant la soupape. Le rendement de ces appareils est donc d'autant plus élevé que la tension de service est plus haute, et, pour une même tension aux bornes du circuit d'utilisation, ce rendement est à peu près constant quelle que soit la charge, c'est-à-dire quelle que soit l'intensité du courant dans le circuit d'utilisation. Ces appareils conviennent donc particulièrement bien à un service intermittent à puissance variable mais sous tension constante — ce qui est, en particulier, le cas du télégraphe.

Comme une soupape ne se laisse traverser que par un seul sens de courant, si l'on se contente d'appliquer une tension alternative monophasée aux bornes d'un circuit comprenant en série une soupape et les récepteurs de courant continu, il ne passera dans ce circuit qu'une seule alternance du courant alternatif. Si l'on veut utiliser les deux alternances, il faut réaliser un des montages représentés par les figures ci-contre (fig. 1, montage à 4 clapets et fig. 2, montage à 2 clapets). Dans ces montages la bobine de self-induction en série avec le circuit d'utilisation en agissant comme un volant électrique sert à rendre plus régulière la tension du courant redressé. Si le circuit d'utilisation comporte normalement une terre (cas du télégraphe) il faut, dans le montage à 4 clapets, intercaler un transformateur entre le réseau et les soupapes afin d'éviter les dangers de court-circuit par une terre accidentelle sur le réseau ; dans le montage à 2 clapets, il faut substituer un transformateur à l'auto-transformateur représenté sur la figure.

Pour utiliser toutes les alternances des courants alternatifs

Digitized by Google

triphasés, il faut employer le montage à 6 clapets représenté dans la figure 3 : la bobine de self-induction n'est plus nécessaire ici car les courants triphasés ne s'annulant jamais en même temps,

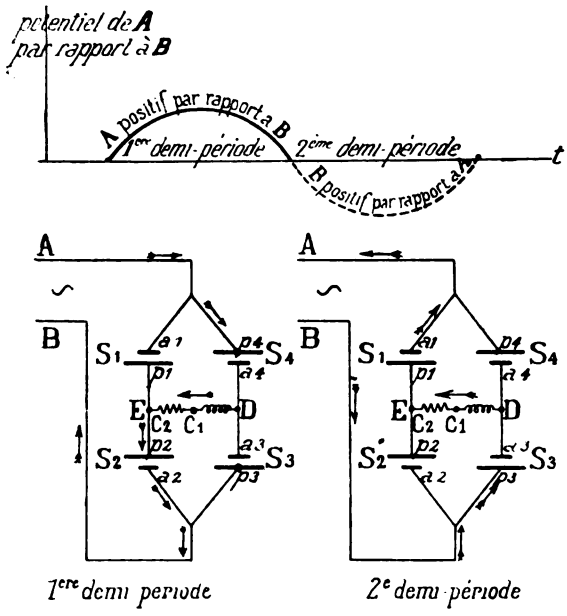



Fig. 1. — Montage à 4 clapets
pur le reodressement du courant alternatif monophasé.
A, B arrivée du courant alternatif.
$C_1$ $C_2$ circuit d'utilisation en courant continu.
$a_1$ $p_1$, $a_2$ $p_2$, $a_3$ $p_3$, $a_4$ $p_4$, électrodes des clapets $S_1$ $S_2$ $S_3$ $S_4$. cesDans chacun de clapets le courant ne peut aller que de l'électrode $p$ vers l'électrode $a$.

les pulsations du courant redressé empiètent largement l'une sur l'autre de sorte que la tension du courant redressé garde une valeur sensiblement constante.

On distingue trois sortes principales de soupapes électriques : les soupapes électrolytiques, les convertisseurs à vapeur de mercure, les valves ou tubes à vide.

A) *Soupapes électrolytiques.* — Le type le plus répandu est la soupape Nodon, qui se compose d'éléments constitués par deux électrodes (l'une en plomb, l'autre en alliage spécial d'aluminium) et d'un électrolyte approprié (à base de phosphate d'ammoniaque).



Digitized by Google

Un tel élément ne se laisse traverser que par un courant électrique allant du plomb à l'aluminium à l'intérieur de l'élément. La chute de tension dans ces appareils est de l'ordre de 20 à 30

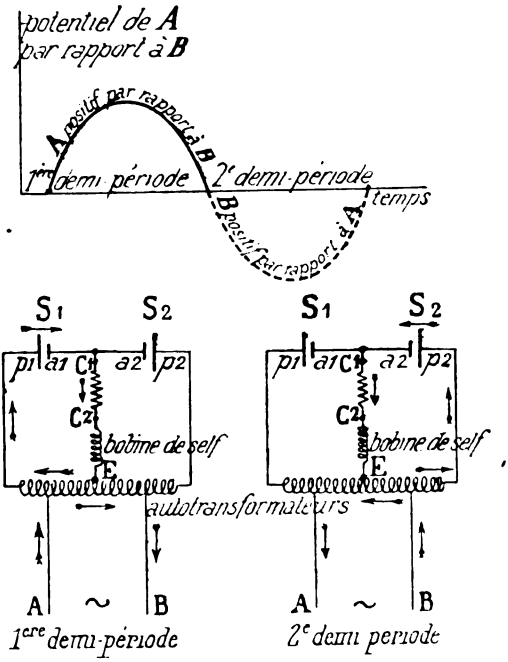



Fig. 2. — Montage à 2 clapets pour le redressement du courant alternatif monophasé.
A, B arrivée du courant alternatif.
$C_1$ $C_2$ circuit d'utilisation en courant continu.
$a_1$ $p_1$, $a_2$ $p_2$, électrodes des clapets $S_1$ et $S_2$. Dans chacun de ces clapets le courant ne peut aller que de l'électrode $p$ vers l'électrode $a$.

volts de sorte que, pour des tensions de service usuelles variant de 110 à 150 volts, le rendement est approximativement de 75 à 80 %.

On trouve couramment des soupapes Nodon du type à refroidissement par simple rayonnement qui donnent du côté continu des puissances variant de 250 watts à 1200 watts. Pour des puissances supérieures allant jusqu'à 3 kilowatts, il faut établir des types spéciaux à refroidissement par ventilateurs ou par circulation d'eau.

Digitized by Google

L'entretien des soupapes Nodon consiste surtout à surveiller le degré de concentration de l'électrolyte afin qu'il ne s'écarte pas sensiblement de sa valeur normale. Ces soupapes fonctionnent

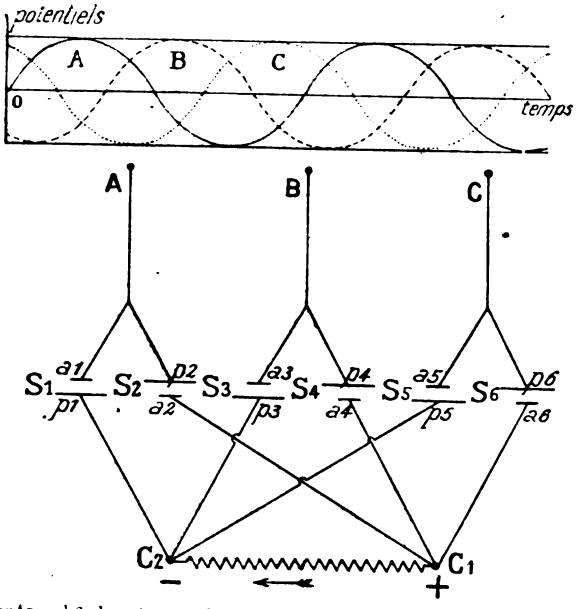


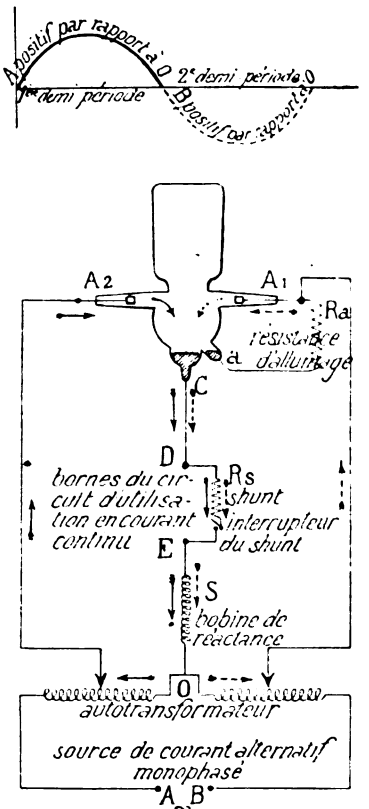

Fig. 3. — Montage à 6 clapets pour le redressement des courants alternatifs triphasés.
A, B, C arrivée des courants alternatifs triphasés.
Les courbes A, B, C au haut de la figure, représentent les variations en fonction du temps des potentiels des points A, B, C par rapport au potentiel du point neutre.
$C_1$ $C_2$ circuit d'utilisation en courant continu.
$a_1$ $p_1$, $a_2$ $p_2$, $a_3$ $p_3$, $a_4$ $p_4$, $a_5$ $p_5$, $a_6$ $p_6$, électrodes des clapets $S_1$ $S_2$ $S_3$ $S_4$ $S_5$ $S_6$. Dans chacun de ces clapets le courant ne peut aller que de l'électrode $p$ vers l'électrode $a$.

d'une façon satisfaisante lorsqu'on prend soin de limiter l'intensité du courant qui les traverse à une valeur telle que la soupape ne devienne jamais chaude.

B) *Convertisseurs à vapeur de mercure.* — Ces redresseurs ont été déjà décrits aux lecteurs des *Annales des P. T. T.* dans le numéro de mars 1917 (pages 137-139). Ils sont constitués par des ampoules, dans lesquelles un vide excellent a été fait et dans lesquelles pénètrent plusieurs électrodes dont une seule est constituée par du mercure et dont les autres sont généralement en

Digitized by Google

charbon. Le courant ne peut traverser ces ampoules que dans le sens allant de l'une des électrodes en charbon à l'électrode de mercure à l'intérieur de l'ampoule. Tout se passe comme si l'on avait réuni dans une même ampoule autant de clapets qu'il y a d'élec-




⟶ Courant circulant pendant la 1re demi-période.
.... ▸ Courant circulant pendant la 2e demi-période.

Fig. 4. — Transformation du courant alternatif monophasé en courant continu au moyen d'un convertisseur à vapeur de mercure.

trodes de charbon (c'est-à-dire d'anodes), tous ces clapets ayant la même cathode, constituée par le mercure. Pour le redressement du courant alternatif monophasé, on adopte généralement le montage à 2 clapets utilisant les 2 alternances de courant fig. 4 et on le( réalise) avec une ampoule à 2 anodes ; pour le

Digitized by Google

redressement des courants alternatifs triphasés, on emploie généralement le montage à 3 clapets de la figure 5 qui n'utilise qu'une seule alternance et qu'on réalise avec une ampoule à trois anodes.

Toutes ces ampoules possèdent, en plus des électrodes principales, une anode auxiliaire pénétrant dans un petit appendice

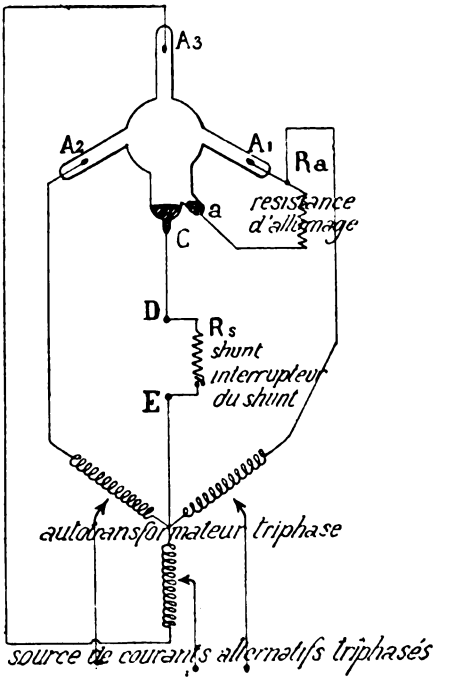



Fig. 5. — Transformation des courants alternatifs triphasés en courant continu au moyen d'un convertisseur à vapeur de mercure.

empli de mercure et placé à proximité de la cathode mercurielle; cette anode auxiliaire est reliée par l'intermédiaire d'une résistance dite d'allumage à un point quelconque de l'autotransformateur d'alimentation (en particulier à l'une des anodes). Pour allumer l'ampoule on la fait basculer afin d'amener l'anode auxiliaire au contact du mercure de la cathode; puis on redresse l'ampoule d'un mouvement brusque, ce qui amorce un arc entre l'anode auxiliaire et la cathode mercurielle. Cet arc produit de

Digitized by Google

la vapeur de mercure et rend cette vapeur conductrice (phénomène de l'ionisation) de sorte que, sous l'influence des différences de potentiel établies par le réseau de distribution industrielle des arcs de plus grande longueur peuvent s'établir entre la cathode mercurielle et les anodes principales alternativement vers l'une et l'autre anode suivant les alternances du courant d'alimentation. Si le courant qui traverse l'ampoule a une intensité suffisante (toujours supérieure à 1 ampère 5 ou 2 ampères dans les modèles existants) la vapeur mercurielle reste conductrice et l'ampoule ne s'éteint jamais. On réalise cette condition en branchant au début entre les bornes du circuit d'utilisation en courant continu un shunt calculé de manière à absorber à lui seul un courant de 2 ampères, au moins pendant les premières minutes qui suivent l'allumage. Lorsque l'ampoule fonctionne d'une manière stable, on supprime ce shunt en ouvrant un interrupteur qui souvent sert à deux fins et met en même temps hors circuit la résistance d'allumage; les récepteurs à courant continu se trouvent alors décourtcircuités et prennent toute la charge.

Les ampoules pour petites puissances (correspondant à des débits côté continu variant de 3 à 50 ampères sous des tensions variant de 100 à 600 volts) sont en verre. Les convertisseurs pour grosses puissances se font en métal : on atteint dès maintenant 1000 kilowatts et l'on pourra très prochainement aller beaucoup plus haut, avec des tensions de service variant de 100 volts à 1000 volts.

La chute de tension totale à l'intérieur d'un convertisseur à vapeur de mercure varie de 13 à 25 volts. Elle est indépendante de l'intensité du courant qui traverse le convertisseur. En admettant la valeur moyenne de 15 volts, le rendement est de 65 % pour une tension de service de 75 volts, de 85 % pour une tension de 200 volts et devient tout à fait excellent pour les tensions élevées de 500 volts et au-dessus.

Les convertisseurs à vapeur de mercure conviennent donc parfaitement pour de fortes puissances utilisées sous des tensions élevées, avec un débit ne descendant jamais au-dessous de 2 à 3 ampères ; pour les petites puissances, ils présentent l'inconvénient

Digitized by Google

d'exiger un débit minimum, de sorte que lorsque la charge est très variable et susceptible même de s'annuler (cas du télégraphe) il est nécessaire d'employer un shunt permanent si l'on veut que l'ampoule ne s'éteigne jamais et que la source de courant redressé soit à tout moment utilisable. Le rendement s'en ressent un peu. Mais dans le cas des petites puissances le rendement a généralement peu d'importance et les facilités de fonctionnement et d'entretien sont prépondérantes. A ce point de vue, le convertisseur à vapeur de mercure purement statique, silencieux, facile à mettre en marche et à arrêter, convenant aussi bien à toutes les fréquences et ne demandant aucun entretien présente bien des avantages.

C) *Valves ou tubes à vide.* — Ce sont des ampoules de verre dans lesquelles le vide a été fait avec soin et dans lesquelles on a disposé d'une part un filament que l'on chauffe au moyen d'un courant électrique, et d'autre part, en regard du filament, une plaque métallique. Le filament constitue une des électrodes (dite électrode chaude) et la plaque constitue l'autre électrode (dite électrode froide). Si l'on raccorde ces 2 électrodes aux 2 pôles d'une distribution de courant alternatif monophasé, on constate que le courant ne peut traverser la valve que pendant l'alternance où le pôle relié au filament est à un potentiel négatif par rapport au pôle relié à la plaque ; en d'autres termes le courant ne peut traverser la valve qu'en allant de la plaque au filament à l'intérieur de l'ampoule. Cette conductibilité uni-dirigée d'un genre spécial est due à un flux de corpuscules chargés négativement et nommés électrons, émis par le filament incandescent ; ces électrons ayant une charge électrique négative ne peuvent quitter le filament que s'ils sont soumis à un champ électrique dirigé de la plaque vers le filament, ce qui exige que la plaque soit à un potentiel positif par rapport au filament.

Si le vide était parfait dans l'ampoule, ces électrons émis par le filament incandescent seraient les seuls véhicules du courant électrique: le courant maximum que l'on pourrait ainsi obtenir ne dépasserait pas l'ordre du milliampère et la chute de tension

Digitized by Google

entre électrodes à l'intérieur de l'ampoule serait très élevée (c'est le cas des valves Fleeming utilisées comme détecteurs en télégraphie sans fil).

Dans des valves d'un type nouveau, susceptibles d'applications industrielles, et fabriquées notamment aux États-Unis par la General Electric Company, l'ampoule, préalablement vidée d'air aussi complètement que possible est ensuite emplie d'un gaz inerte (l'argon) très pur et à basse pression : c'est ce gaz, ionisé par le choc des électrons émis par le filament incandescent, qui constitue le principal véhicule du courant électrique. Il est dès lors possible de faire passer à travers ces valves un courant de plusieurs ampères et, d'autre part, la chute de tension est réduite à une valeur variant de 5 à 10 volts, soit 8 volts environ. Le rendement, pour des tensions de service usuelles (110, 150 volts) est dans ces conditions excellent et les puissances en courant continu que l'on peut mettre en jeu atteignent plusieurs centaines de watts par ampoule. De telles valves s'appellent valves « tungar » (à cause du filament en *tung*stène et de l'atmosphère d'*ar*gon). Elles conviendraient parfaitement bien aux installations télégraphiques : malheureusement elles ne sont pas encore très répandues sur le marché et il est assez difficile de s'en procurer.

Naturellement ces valves peuvent être montées de façon à utiliser toutes les alternances de courants polyphasés ou monophasés; dans tous ces montages, les filaments sont toujours chauffés par un courant alternatif provenant du secteur à travers un transformateur convenable. La vie d'une valve Tungar est au minimum de 600 à 800 heures dans les conditions normales de fonctionnement.

### 3° APPAREILS ÉLECTROMAGNÉTIQUES A TREMBLEUR.

Ces appareils sont de véritables clapets mécaniques (analogues au clapet d'une pompe) qui ouvrent et ferment le circuit d'utilisation du courant alternatif à redresser au moment voulu pour que ce courant ne passe seulement que dans un sens. Ces

Digitized by Google

ouvertures et fermetures de circuit doivent avoir lieu au moment où la courbe de l'intensité du courant alternatif passe par zéro afin d'éviter les étincelles qui ne manqueraient pas de détériorer les contacts. Il faut donc qu'il y ait non seulement synchronisme entre le courant alternatif du réseau de distribution et les mouvements de ce clapet, mais encore concordance de phase. C'est là la principale difficulté du problème.

Dans tous les appareils redresseurs de ce genre, le clapet est naturellement constitué par l'armature d'un relais polarisé alimenté par le courant alternatif à redresser, ce qui assure le synchronisme désiré. La concordance de phase est obtenue de différentes façons suivant les cas ; tantôt l'on agit sur le décalage du courant alimentant l'électro-aimant qui actionne le clapet, ce que l'on fait facilement en intercalant une capacité et une self convenables dans le circuit de cet électro-aimant (cas de l'appareil allemand Koch), tantôt l'on oriente convenablement cet électro-aimant dans le champ magnétique du transformateur-abaisseur disposé entre le réseau et le circuit d'utilisation, afin d'utiliser les fuites magnétiques de ce transformateur pour réaliser le décalage voulu entre le flux résultant qui traverse le noyau de l'électro-aimant et le courant alternatif à redresser (cas de l'appareil français Soulier).

Les différents appareils électromagnétiques à trembleurs ne diffèrent pas seulement par les procédés de réglage du synchronisme et de la phase, mais aussi par la nature des équipages mobiles jouant le rôle de clapet et assurant la commutation du circuit d'utilisation ou circuit principal: tantôt on utilise la résonance en choisissant une armature mobile ayant une période propre de vibration égale à la période électrique du courant alternatif à redresser (malheureusement les courants industriels n'ont pas une fréquence absolument constante et, par suite, un appareil basé sur la résonnance ne peut pas être accordé une fois pour toutes et doit être réglé de temps à autre si la fréquence du réseau vient à changer), tantôt on utilise comme armature oscillante des palettes robustes qui peuvent livrer passage à un courant intense et conviennent par suite pour de grosses puissances mais qui

Digitized by Google

présentent une certaine inertie gênant le fonctionnement de l'appareil quand la fréquence vient à changer; enfin, dans le redresseur Soulier, par exemple, on a adopté une armature légère et fortement amortie qui possède une période propre de vibration beaucoup plus petite que celle des courants industriels, de sorte qu'elle suit fidèlement les variations du courant alternatif à redresser, à la manière d'une membrane de récepteur téléphonique. Par contre, cette membrane légère encastrée aux extrémités ne permet pas de laisser passer un courant très intense.

Lorsque ces appareils électromagnétiques servent à charger des accumulateurs sur une distribution de courant alternatif, le courant continu d'excitation de l'électro-aimant polarisé peut provenir d'un ou de plusieurs éléments de la batterie à charger, de sorte que l'appareil ainsi monté est auto-excitateur. Pour d'autres applications, il est nécessaire d'adjoindre à l'appareil une source de courant continu pour produire l'excitation de l'électro-aimant polarisé. Cette excitation peut se faire soit sur le noyau, comme dans les récepteurs téléphoniques, et alors l'armature est une simple palette de fer doux (appareil Soulier, appareil Koch), soit au moyen de quelques spires enroulées autour de l'armature mobile, qui se comporte absolument comme un aimant permanent (appareil anglais Giglio).

Ces appareils électromagnétiques à trembleur conviennent parfaitement pour les puissances que l'on rencontre dans les installations télégraphiques.

## Installation de convertisseurs à vapeur de mercure aux bureaux télégraphiques de Brest et de Moulins.

Les différentes solutions du problème de l'utilisation des courants alternatifs industriels dans les bureaux télégraphiques énumérées dans l'article précédent ont été essayées dans les bureaux de l'administration des Postes et Télégraphes ou le

Digitized by Google

seront systématiquement dans un avenir prochain afin d'obtenir pour chacune d'elles la sanction de l'expérience.

Les commutatrices et les groupes moteur-générateur fonctionnent normalement dans certains centres télégraphiques importants (Paris, Marseille, etc...); les soupapes électrolytiques ont été déjà essayées dans d'autres bureaux.

Il a été décidé d'installer, également à titre d'essai, des convertisseurs à vapeur de mercure dans les bureaux de Brest et de Moulins. Ces travaux d'installation sont actuellement en cours.

Le problème se présente de façons différentes dans ces deux localités. A Moulins on dispose d'un secteur de distribution monophasé (110 volts, 50 périodes) dont le service n'est pas assuré d'une façon suffisamment régulière pour que l'on puisse utiliser directement pour la transmission télégraphique le courant redressé par le convertisseur à vapeur de mercure. Le convertisseur prévu pour ce bureau doit simplement charger une batterie d'accumulateurs d'une capacité de 30 ampères-heures. C'est cette batterie d'accumulateurs qui, en se déchargeant, remplacera la pile télégraphique.

A Brest, au contraire, on dispose d'un réseau triphasé à 4 fils (115 volts entre chaque phase et le fil neutre — 50 périodes) sur lequel le service est assuré d'une façon permanente avec suffisamment de garanties pour que l'on puisse utiliser directement le courant redressé dans les appareils télégraphiques. La seule précaution prise est l'intercalation d'une batterie-tampon d'accumulateurs entre le convertisseur et les appareils télégraphiques : cette batterie aura une capacité de 30 ampères-heures et, en cas d'interruption sur le secteur, elle pourra alimenter en énergie par ses propres moyens le bureau télégraphique pendant 10 heures au moins, ce qui est une durée supérieure à celle des interruptions de service possibles dans la distribution de Brest.

Les batteries d'accumulateurs de Brest et de Moulins se composeront d'éléments du type stationnaire et seront installés par la Société de l'Accumulateur Tudor. Les convertisseurs à vapeur de mercure, munis de tableaux comportant tous les inverseurs,

Digitized by Google

disjoncteurs, fusibles, rhéostats et appareils de mesures nécessaires, ont été établies, d'après les projets du service d'Études, par la Compagnie Westinghouse Cooper Hewitt.

## Batterie centrale télégraphique.

L'utilisation des courants industriels en vue de supprimer les piles dans les centres de dépôt télégraphiques conduit tout naturellement à généraliser l'emploi du système de la batterie centrale télégraphique, qui permet de supprimer également les piles dans les bureaux secondaires, tout au moins dans ceux qui ne communiquent qu'avec leur centre de dépôt.

Le Service d'Études se propose, en conséquence, d'essayer concurremment à Moulins, à l'occasion de l'installation d'un convertisseur à vapeur de mercure dans ce bureau, les deux systèmes de batterie centrale suivants :

1° Le système Wilfrid Blanchon, installé à Chartres et qui, pour les lignes de postes échelonnés, ne s'applique qu'à celles où l'intermédiaire est embroché : au moment d'entrer en communication, la batterie (positive ou négative suivant le cas) est amenée à la borne T du récepteur de Chartres, et un courant continu traverse les appareils des trois postes; la transmission consiste à interrompre ce courant; des récepteurs Morse spéciaux sont nécessaires, pour que le papier soit amené contre la molette au moment du relèvement de l'armature et éloigné lors de l'abaissement; la lecture au son devient très difficile, sinon impossible, pour les agents accoutumés à la lecture sur les lignes ordinaires; il est préférable, dans ce cas, de faire usage d'un relais pour commander le parleur, ce qui n'est d'ailleurs réalisable qu'au poste principal, les autres ne disposant d'aucune pile. Les postes intermédiaire et extrême appellent le principal à l'aide de magnétos « à courants successifs de même sens ». Ce sens est positif dans l'un et négatif dans l'autre;

2° Un système expérimenté seulement, jusqu'ici, en laboratoire, et qui ne s'applique qu'aux lignes directes ou en dérivation,

Digitized by Google

à l'exclusion de celles en embrochage : la batterie centrale est amenée, comme dans le précédent, à la borne T du récepteur du poste principal, mais le courant permanent qu'elle engendre ne dépasse pas 5 à 6 milliampères, grâce à des résistances additionnelles placées dans les bureaux secondaires et qui représentent environ 3,5 fois le reste de la ligne, récepteurs compris ; le récepteur du principal est réglé pour que son armature reste insensible à cette faible intensité ; les deux autres postes ne reçoivent chacun que 2,5 ou 3 milliampères, et le réglage de leur récepteur n'en est que plus facile. Lorsque l'un de ces derniers abaisse son manipulateur, il donne à la branche de ligne sur laquelle il se trouve une terre directe, supprimant la résistance additionnelle et celle de son propre récepteur ; il en résulte, sur la branche intéressée, une augmentation proportionnelle de l'intensité et le récepteur du poste principal, traversé par 18 ou 20 milliampères, fonctionne à la façon ordinaire. Ce même poste, pour transmettre à son tour, doit disposer d'un voltage spécial, cositif ou négatif, capable de donner 18 ou 20 milliampères dans phacun des postes secondaires, à travers les résistances additionnelles, soit de 36 à 40 au départ ; mais comme cette intensité ne traverse pas son récepteur, le réglage de ce dernier est fait exclusivement sur l'intensité passant de 6 à 20, comme il a été dit plus haut. Les postes extrêmes appellent comme dans le système Blanchon.

*Considérations générales.*

1° Le système Blanchon ne s'applique qu'aux postes embrochés, tandis que celui par suppression de résistances convient exclusivement aux postes en dérivation. L'embrochage de postes en dérivation nécessite généralement la construction de tronçons nouveaux de fils ; au contraire, la mise en dérivation d'un poste embroché est simple et facile.

2° Le système Blanchon nécessite des récepteurs spéciaux ; le parleur ne peut y être adapté que si on le fait commander par un relais, c'est-à-dire au poste principal seulement. Le second

Digitized by Google

système permet l'utilisation, sans modification, des appareils existants, Morse ou parleur.

3° Le système Blanchon peut fonctionner avec la batterie universelle; dans le second système, le voltage de transmission du poste principal peut être pris, lui aussi, sur la batterie universelle, puisqu'il est attelé à un circuit invariable; il n'en est pas de même de celui qu'on connecte à la borne T du récepteur : la résistance qu'on mettrait au tableau pour avoir les 6 mma au repos ne saurait donner les 20 dont on a besoin pour la transmission des extrêmes; il faut donc, là, un voltage direct, sans résistance autre que celle de sécurité, ce qui rompt l'harmonie de la batterie universelle et amène une usure inégale des divers éléments de la batterie d'accumulateurs; à moins qu'on se résigne à avoir une batterie spéciale qui pourrait servir, en même temps pour les fonctions locales du Baudot, dans les bureaux où il en existe.

4° L'isolement des lignes laisse fréquemment à désirer, et il s'ensuit que les intensités calculées ne se retrouvent généralement pas dans la réalité; avec le système Blanchon, l'interruption faite dans un des postes secondaires ne ramène pas l'intensité à zéro au poste principal; mais la pratique a démontré que la circulation résiduelle n'est pas suffisante pour rendre difficile le réglage du récepteur. Lorsque le principal transmet, la coupure est franche et les récepteurs des postes secondaires ne peuvent pas être troublés. Avec le second système, l'intensité au repos sera, au départ, fréquemment supérieure à 6 milliampères et il pourra en résulter des difficultés d'exploitation. On aura, il est vrai, la ressource d'augmenter les résistances additionnelles des postes secondaires pour réduire encore cette intensité minima théorique, mais dans ce cas, il faudra augmenter proportionnellement le voltage de transmission du poste principal, pour obtenir les 18 ou 20 milliampères nécessaires. L'entretien des lignes devra être sans doute plus minutieux que celui qu'on a accordé, jusqu'ici, aux communications d'intérêt tout à fait secondaire.

*Conclusion.* — Des quatre considérations envisagées ci-dessus, deux sont défavorables au système Blanchon, les deux dernières,

Digitized by Google

au contraire, lui sont favorables. Il semble donc qu'on doive laisser à la pratique le soin d'indiquer lequel des deux modes doit mériter la préférence. Les essais systématiques auxquels le Service d'Études va prochainement procéder dans le bureau de Moulins, où les deux dispositifs de batterie centrale seront simultanément installés, permettront de formuler bientôt une opinion définitive à ce sujet.

## Télégraphie double.

Les Directions d'exploitation ont reconnu, à la suite d'essais, que la préparation télégraphique des communications téléphoniques permet d'augmenter notablement le rendement des circuits.

Ce mode d'exploitation paraît devoir se généraliser.

Actuellement, on utilise un circuit approprié pour établir une communication entre deux téléphonistes correspondantes.

On pourrait partager ce fil entre deux couples de téléphonistes en exploitant le fil télégraphique avec un *quadruplex*. Une installation quadruplex est, en effet, nécessaire parce qu'il s'agit de l'échange simultané de deux communications télégraphiques qui peuvent être de sens quelconque.

Une installation quadruplex est compliquée et doit être surveillée par un dirigeur, ce qui interdit son emploi dans le cas précédent.

Actuellement le Service d'Études procède à des essais de télégraphie double utilisant des appareils très simples et ne nécessitant pas de surveillance spéciale. Le fonctionnement repose sur la division du temps : l'emploi du synchronisme est évité par l'utilisation de soupapes électriques.

## Télégraphie multiplex.

L'économie de fil télégraphique est une question à l'étude depuis longtemps : même avant la guerre, l'Administration avait essayé le système de télégraphie multiplex de Mercadier. Ce système

Digitized by Google

utilisait des courants d'intensités assez fortes et susceptibles de donner de l'induction dans les circuits téléphoniques.

La question est reprise actuellement au Service d'Études sur les bases suivantes :

Les courants utilisés sont très faibles et sont amplifiés à l'arrivée au moyen de tubes à vide.

La sélection des fréquences est faite par des procédés électriques (Résonance).

La production des courants de manipulation se fait également au moyen d'oscillateurs électriques qui ne demandent pas de réglage mécanique et qui garantissent la constance de la fréquence.

## Télégraphie harmonique.

Lorsqu'il n'est pas nécessaire d'avoir plusieurs transmissions par courants alternatifs, on peut obtenir facilement une communication par courant continu et une communication par courant alternatif : on a alors plus besoin d'une sélection électrique aussi aiguë et des appareils du genre précédent, mais plus simples et moins coûteux, pourront être employés dans ce but.

Ces appareils peuvent permettre la préparation par télégraphe des communications téléphoniques sur des fils déjà utilisés actuellement, aux appareils rapides.

## Relais.

Les essais de relais ont été poursuivis sur une plus vaste échelle. Les résultats sont toujours bons.

Les prochains essais auront pour but de déterminer les diamètres des fils des lignes téléphoniques jusqu'auxquels on pourra descendre à l'avenir et de fixer les économies de cuivre correspondantes.

Une communicaton en fil de 2 mm. 5 est préparée entre Paris et Marseille : elle serait assurée avec deux relais et pourrait être comparée aux communications déjà en essais : fil de 5 mm. avec relais, fil de 5 mm. sans relais, fil de 3,5 et 4 mm. avec relais, fil de 3,5 et 4 mm. sans relais.

Digitized by Google

# COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

## Améliorations proposées pour le service postal.

*Le Comité Technique (1re section) a examiné les améliorations qui, d'après les renseignements recueillis par la Mission de fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes aux États-Unis* (1), *pourraient être apportées au Service Postal, et a émis l'avis qu'il soit procédé à des essais d'exploitation des dispositifs mécaniques qui ont reçu, en Amérique, la consécration de l'expérience.*

1° *Bureaux ambulants.* — Afin d'éviter les risques d'incendie et de réduire les dégâts en cas de collision, les nouveaux wagons-poste seraient construits entièrement en acier, à l'instar des wagons-poste américains. L'équipement intérieur de ces nouveaux wagons serait entièrement métallique et comprendrait des casiers et des *tables démontables* pour le tri des lettres, des *supports mobiles pour les batteries de sacs* servant au tri des imprimés et des paquets. Tout cet équipement se rabattrait contre les parois du wagon afin d'être aussi peu encombrant que possible lorsque l'opération du tri serait terminée.

Ces nouveaux wagons seraient également pourvus de dispositifs permettant la *prise en marche des sacs postaux.*

L'équipement d'une ligne de chemin de fer, que les services d'exploitation postale désigneront, sera, dès maintenant, étudié en détail afin de déterminer pour un cas particulier choisi comme exemple, dans quelle mesure on pourrait, au moyen de cette opération qui est très facilement réalisable au point de vue tech-

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, septembre et décembre 1917.



Digitized by Google

nique, améliorer à la fois le service postal et le service des chemins de fer en augmentant, dans de nombreuses localités, le nombre des courriers tout en diminuant le nombre des arrêts des trains.

En vue de l'établissement d'un nouveau type de wagon-poste, le Comité technique a émis l'avis que la question de l'affectation des différents wagons d'un train-poste soit prochainement et définitivement tranchée.

Les wagons doivent-ils être spécialisés par destinations des objets transportés et constituer autant de bureaux absolument distincts, traitant à la fois les lettres, les imprimés et les paquets, sans aucune intercommunication de l'un à l'autre? Doivent-ils au contraire être considérés comme les différentes subdivisions d'un même bureau, correspondant l'une aux lettres, l'autre aux imprimés, l'autre aux paquets et placées toutes sous une même autorité qui commanderait tout le train-poste?

2° *Wagonnets à propulsion électrique.* — Pour le transport des sacs postaux sur les quais des gares, des wagonnets à propulsion électrique seraient utilisés. Ces wagonnets seraient mus par un moteur électrique alimenté par des accumulateurs chargés sur le réseau de distribution électrique. Le premier essai sera fait à la gare d'Austerlitz, où les quais sont normalement peu encombrés.

3° *Sacs postaux.* — En vue de réaliser une économie de temps et de main-d'œuvre au moment de la fermeture des courriers, ainsi qu'une économie de ficelle et de cire, de *nouveaux modèles de sacs postaux* utilisés par le Post Office américain sont proposés.

Les sacs destinés aux lettres, qui, en France, comportent souvent un paquet de correspondances chargées ou recommandées, seront munis d'une courroie fixée à petite distance du bord supérieur du sac et garnie d'un oreillon dans lequel s'engage le bec d'un cadenas de sûreté à chiffre assurant la fermeture du sac. Le cadenas porte un cadran numéroté et chaque ouverture du cadenas produit une augmentation d'une unité dans les chiffres de ce cadran. Au départ, le numéro est reproduit sur une feuille d'ex-

Digitized by Google

pédition introduite dans le sac qui doit parvenir à destination sans changement de chiffres. Une étiquette pliée dans un cadre en fer scellé en haut du sac porte le nom du bureau de destination.

Les sacs du nouveau modèle proposé pour les imprimés ou pour les paquets non recommandés se ferment au moyen d'une corde très résistante passant dans des œillets pratiqués au haut du sac et arrêtée au moyen d'un dispositif à coulisse formant serrure, s'ouvrant et se fermant à la main sans clef.

Les sacs destinés à la prise par les trains en marche sont munis, à leur centre, d'une courroie à oreillon et à leurs deux extrémités d'anneaux destinés à être accrochés aux bras d'une potence placée le long de la voie ferrée.

Tout ce nouveau matériel serait d'abord commandé aux États-Unis par l'intermédiaire du Post Office afin d'éviter les tâtonnements que comporterait la mise au point de ces nouveaux modèles par l'industrie française.

4° *Bureaux de poste.* — Il a été proposé de modifier l'organisation des bureaux de poste français, de telle sorte qu'ils n'aient plus qu'une seule caisse, chargée du mouvement de fonds de tout le bureau, les employés des autres guichets n'ayant plus à tenir de comptes d'argent. Le Comité technique a émis l'avis que *cette caisse centrale*, convenablement isolée du public par des grillages offrant toute sécurité pour l'Administration, soit munie d'une *machine à additionner et à écrire* (caisse automatique) et d'une *machine à rendre la monnaie*. Grâce à ces machines, le service de cette Caisse centrale se fera très rapidement et les comptes s'enregistreront automatiquement avec une exactitude absolue. Les attentes du public aux guichets seront réduites et l'approvisionnement en menue monnaie étant centralisé sera toujours suffisant.

Pour faciliter l'oblitération des lettres on mettrait en service dans les bureaux de tri importants, comme il est maintenant d'usage aux États-Unis, des *tables de relevage* facing tables où les lettres sont classées par grandeurs (lettres courtes et lettres

Digitized by Google

longues) avant de passer par les machines à oblitérer. Ces tables de relevage, sur lesquelles on déverse toutes les lettres à timbrer, comportent sur leur bord deux ou trois gouttières au fond desquelles des courroies se déplacent d'un mouvement rapide et entraînent vers les machines à timbrer les lettres que les employés ont laissé tomber de champ et dans le bon sens à l'entrée des gouttières.

Afin d'économiser la main-d'œuvre et la ficelle dans la confection des paquets de lettres triées, le Comité technique a proposé d'utiliser des *machines à empaqueter* du genre de celles qui fonctionnent, couramment, dans les bureaux de poste des grandes villes américaines. Cette machine, lègère et, montée sur roulettes, se déplace dans les salles de tri sous la conduite d'un sous-agent et opère l'empaquetage des liasses de lettres avec la longueur de ficelle minimum, quel que soit le format des paquets.

Pour l'oblitération des imprimés et, d'une façon générale, chaque fois qu'il s'agit d'apposer un cachet de forme invariable, il y a lieu d'employer de préférence aux timbres métalliques gravés devenus coûteux, des *timbres en substance gélatineuse moulée* d'une composition spéciale adoptée par le Post Office américain.

Afin d'éviter la remise directe au guichet des bureaux de poste des plis de dimensions trop grandes pour pouvoir pénétrer dans les boîtes aux lettres françaises actuelles (cette remise présentant l'inconvénient d'engager la responsabilité de l'employé à qui elle a été faite), *une boîte aux lettres du modèle américain* qui se prête bien à l'introduction des plis de grand format et qui donne toute sécurité à la fois au public et à l'Administration, sera placée, à titre d'essai, à l'intérieur de quelques bureaux de poste.

5° *Service des articles d'argent.* — La question de la réorganisation du service des articles d'argent est actuellement à l'étude. Les comptes des mandats émis et les comptes des mandats payés dressés par les receveurs, avec les pièces justificatives à l'appui, doivent-ils être apurés par des services départementaux ou régionaux ou bien doivent-ils être centralisés à Paris? Quelle

Digitized by Google

que soit la solution adoptée, le Comité technique a émis l'avis que les services chargés du contrôle des articles d'argent soient pourvus de *machines à classer et à compter* utilisant des cartes perforées afin de réaliser automatiquement les opérations suivantes : 1° rapprochement des comptes de mandats payés et des pièces envoyées à l'appui et vérification du montant du crédit accusé par le receveur ; 2° classement des cartes perforées, représentant les mandats payés en France par département et par bureau d'émission puis par ordre numérique pour faciliter le rapprochement avec les listes de mandats émis ; 3° vérification du montant des sommes reçues par le receveur du bureau d'émission.

L'emploi de ces machines permet d'obtenir des résultats plus exacts et de réduire le personnel affecté à la vérification et le temps nécessaire à l'apurement des comptes.

## Transmission sur les lignes souterraines par courants alternés et bridés.

M. Clavié, commis à Bordeaux-Central, a présenté un dispositif destiné à améliorer les transmissions sur les lignes souterraines et à permettre la suppression des relais qui sectionnent actuellement ces lignes. La polarité des courants de travail est inversée à chaque signal ; en outre, toute émission positive, par exemple, est précédée d'une brève émission négative, d'une durée insuffisante pour que le récepteur puisse l'enregistrer, destinée seulement à créer, dans le conducteur, un état électrique favorable à la propagation de l'émission principale ; un signal négatif est, de même « bridé » par un positif. La planchette est complétée par un dispositif de compensation, qui évite les excès de charge du conducteur.

Cette installation, essayée au Morse sur la ligne souterraine Bordeaux-Poitiers (sans relais à Angoulême) ayant donné des résultats encourageants, le Comité technique a émis l'avis de la mettre provisoirement en service, entre ces deux villes, pendant un temps suffisant pour qu'on puisse juger exactement de sa

Digitized by Google

valeur. Son emploi sera étendu ultérieurement, s'il y a lieu, à l'appareil Hughes.

## Combinés à batterie centrale.

L'Administration a adopté des types administratifs d'appareils à batterie centrale intégrale (1). En attendant que l'industrie soit en mesure de livrer des appareils complets et en considération de la rareté des éléments de pile microphonique, du prix élevé de ces éléments et de la dépense de main-d'œuvre représentée par leur remplacement à peu près semestriel, le Comité technique a préconisé une solution provisoire suggérée par M. Pailler, chef monteur, permettant d'économiser tout de suite des piles microphoniques.

Ce résultat est obtenu en posant sur les appareils d'abonnés à pile microphonique locale en service dans les réseaux à batterie centrale des combinés à batterie centrale montés en série, et le Comité technique a émis l'avis que la pose de tels combinés répondant aux conditions générales exigées par l'Administration soit immédiatement autorisée.

---

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, mars 1918.

Digitized by Google

# Le service postal, télégraphique et téléphonique
# DANS LES ADMINISTRATIONS ET LES ARMÉES
## DES PAYS ENNEMIS

### Transports de lettres par voie aérienne.

La *Gazette de Munich et Augsbourg* publie un article de l'organisateur de la Société de transports par voie aérienne, récemment constituée.

D'après sa déclaration, cette société se propose un double but : d'une part, le transport des lettres et des colis postaux (il ne serait pas nécessaire de recourir à des taxes supplémentaires pour le transport des lettres), et, d'autre part, le transport des voyageurs, qui ne serait pas plus coûteux que le transport en auto avant la guerre.

Un seul avion de grande dimension, capable de transporter 45 à 50 personnes, serait en état de soutenir la concurrence des chemins de fer. Le prix du billet pour le trajet de Hambourg-Constantinople serait de 400 marks, prix inférieur à celui du billet de 1re classe dans le Balkan-Express. On effectuerait en vingt heures, avec six arrêts, le trajet que le train accomplit en soixante-dix heures.

### Le personnel féminin dans les Postes et Télégraphes en Allemagne.

Dans un article de la *Kultur-Rundschau*, paru sous la signature du Secrétaire d'État Rudlin, on lit l'appréciation suivante des services rendus par le personnel féminin dans les Postes et Télégraphes en Allemagne :

« Avant la guerre, l'Administration des Postes utilisait de plus en plus, d'une manière permanente, le personnel féminin dans ses services.

Digitized by Google

Depuis les hostilités, un nombre toujours plus considérable d'agents et de sous-agents ont été rappelés sous les drapeaux, mobilisés dans la Poste aux armées et dans la Télégraphie de campagne, ou détachés dans les pays ennemis occupés ; on les a remplacés par les dames-employées en fonctions et par des milliers de dames auxiliaires qui, toutes, ont été chargées de travaux dont jusque là elles avaient été tenues éloignées. Des dames sont employées non seulement dans presque tous les bureaux postaux et télégraphiques, dans les services administratifs, aux guichets mais aussi dans les bureaux ambulants, comme factrices pour la distribution des lettres et des colis postaux, comme releveuses de boîtes, dans la construction et l'entretien des installations télégraphiques et téléphoniques et même dans les écuries et les transports des messageries postales.

## Détournements de correspondances en Allemagne et en Autriche.

La *Deutsche Verkehrs Zeitung* du 25 janvier dernier rapporte qu'une discussion s'est récemment élevée à la Chambre des Députés de Bavière sur les mesures que le Gouvernement comptait prendre pour faire cesser les soustractions fréquemment signalées dans les bureaux de poste et de messageries.

Une interpellation sur le même sujet a eu lieu, le 24 janvier dernier, à la Chambre des Députés d'Autriche et le Ministre du Commerce a donné des explications détaillées. Il admet l'accroissement, depuis la guerre, du nombre des colis perdus ou parvenant vides de leur contenu ; il en donne pour principale raison l'augmentation extraordinaire du trafic. Même dès le temps de paix, on avait reconnu l'insuffisance des voies où sont garées les allèges dans lesquelles la Poste charge les colis et signalé l'exiguïté des locaux affectés au transbordement.

Le Ministre s'étend sur le chiffre invraisemblable des colis non distribuables. En 1917 l'Administration a vendu 7 fois 1/2 plus de colis en souffrance et en a détruit 22 fois plus qu'en 1913. Les accidents en cours de transport sont fréquemment causes de

Digitized by Google

pertes, particulièrement les incendies provoqués par les matières inflammables (allumettes, lampes à essence, etc.) insérées dans les envois malgré toutes les recommandations faites.

Le personnel permanent des Postes n'a qu'une minime part de responsabilité dans les vols et les spoliations réels. Le mobile n'est pas alors la basse cupidité, mais la faim ou la crainte de la faim. 50 °/₀, parfois même 85 °/₀ des soustractions portent sur des envois de vivres ; on compte relativement peu de disparitions d'envois de linge, de vêtements ou de chaussures. 70 °/₀ des vols sont commis dans les allèges. L'Administration compte les enrayer ; dorénavant, presque toutes les allèges seront attelées à des trains de marchandises militaires et directs ou escortées par des courriers convoyeurs de la Poste aux armées.

## Indemnités de mission.

L'Administration allemande a dû reconnaître que, vu le renchérissement général, les indemnités allouées jusqu'ici à son personnel en mission ne lui permettaient plus de faire face aux dépenses réellement faites. En conséquence, elle a pris les dispositions suivantes qui ont leur effet à dater du 1er décembre 1917 :

Les frais de déplacement et de mission sont majorés dans une proportion qui varie suivant la cherté de la vie dans les diverses régions et qui est fixée par les Directions Supérieures.

Chaque fois que les agents réclament un supplément d'indemnités de voyage et de transport, ils portent sur l'état la mention suivante : « Je déclare avoir dépensé au cours de la présente tournée, frais de transport non compris, une somme totale de... francs, soit en moyenne par jour... francs. » Comme dépenses de voyage, notamment lorsqu'il s'agit de longues tournées, on peut compter non seulement la nourriture et le logement, mais encore une certaine somme représentant l'usure des effets.

Le taux de la majoration ne peut excéder les maxima ci-après : 30 °/₀ pour les fonctionnaires et agents supérieurs, y compris les

Digitized by Google

secrétaires. Dans des cas tout à fait exceptionnels cette limite est toutefois dépassée.

50 °/₀ pour les commis, agents ordinaires et sous-agents.

50 °/₀ pour les directeurs, inspecteurs et receveurs en tournée dans leur circonscription qui recevaient, de ce fait, une indemnité réduite.

Les agents de tout grade et sous-agents commissionnés, détachés temporairement hors de leur résidence, reçoivent, outre les frais de mission réglementaires, une indemnité journalière calculée comme suit :

15 francs au maximum pour les agents supérieurs pendant toute la durée de la mission ;

15 francs au maximum pour les commis, agents ordinaires, dames employées et sous-agents pendant le premier mois de leur détachement.

Lorsque la mission se prolonge, cette indemnité journalière supplémentaire leur est supprimée, et le tarif ordinaire des frais de mission leur reste seul applicable, à partir du deuxième mois, sauf s'ils sont détachés dans des agglomérations comptant plus de 100.000 âmes.

## Ateliers de couture à l'usage du personnel des Postes en Allemagne.

Le manque, de plus en plus accentué, d'étoffes convenables et de bonne qualité a amené l'Administration Centrale des Postes d'Allemagne à prescrire aux Directions Supérieures d'installer des ateliers de couture dans lesquels les uniformes des agents, des sous-agents et des ouvriers sont réparés et remis en service. Les coupons d'étoffe, la doublure et le fil, que les particuliers ne trouvent plus ou seulement en quantités infimes, sont, jusqu'à nouvel ordre, fournis par le Bureau de l'habillement.

Ces ateliers sont considérés comme des annexes de chaque service. Par analogie avec ce qui se passe pour le ressemelage des chaussures dans les cordonneries militaires, les réparations

Digitized by Google

ne sont comptées qu'au prix de revient qui est déterminé par les dépenses en salaires et en fournitures, le logement, le chauffage et l'éclairage étant concédés gratuitement.

Depuis quelque temps, les Directions Supérieures sont directement chargées des achats de blouses, tabliers, effets de travail et autres pièces d'habillement.

Digitized by Google

# COMPTE RENDU DES PERIODIQUES

Revues françaises, par M. TAFFIN, Inspecteur à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. — Revues étrangères, par MM. DROUET et VIARD, Ingénieurs à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.

## PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

**Dévouement du personnel des Postes et Télégraphes parisien au cours des récents bombardements.** — Le *Journal Télégraphique* de Berne du 25 avril 1918 signale « le zèle « et le courage que le personnel des télégraphes et des téléphones « montre au cours des raids aériens sur la capitale, en assurant le « service avec un calme et une simplicité empreinte de la plus haute « conscience professionnelle.

« Les demoiselles du téléphone pendant le bombardement font « leur devoir et plus que leur devoir, ne cessant pas un instant de « répondre aux appels et de donner les communications qui leur « étaient demandées.

« Un exemple suffira à marquer la mesure de leur bravoure et de « leur dévouement. Lors d'un des bombardements, l'alerte fut donnée « au moment même où l'équipe de jour passait le service à l'équipe « de nuit. Il eût été normal que, la transmission des consignes pas- « sée, celle des deux équipes qui n'était plus de service se retirât « et allât se réfugier dans les sous-sols ; aucune téléphoniste n'y « songea une minute. Et toutes se mirent à la disposition de leurs « collègues de nuit dont le service se trouva de la sorte plus accéléré ».

**A propos du lumen** (*L'Industrie électrique*, 25 mars 1918). — A plusieurs reprises, au cours de ces dernières années, divers savants ont insisté sur l'intérêt qu'il y avait à définir les lampes à incandescence par le flux total qu'elles émettent, évalué en *lumens*. Rappelons que le lumen, proposé par M. A. Blondel, comme unité de flux,

Digitized by Google

représente la lumière émise par une source d'intensité lumineuse uniforme de 1 bougie dans un angle solide de 1 stéradian, c'est-à-dire un angle solide découpant une surface de 1 $m^2$ sur une sphère de 1 m. de rayon.

Le lumen est fréquemment utilisé aux Etats-Unis, et les constructeurs américains ont convenu de définir désormais les lampes par le flux lumineux, évalué en lumens, qu'elles émettent. La même décision a été adoptée par l'*American Engineering Society*, et par l'*Illuminating Engineering Society* de Londres.

Néanmoins la nouvelle unité, qui n'est pas consacrée par une longue pratique, peut paraître à quelques-uns difficile à concevoir. Pour les électriciens, il peut n'être pas inutile de signaler l'analogie qui existe entre le lumen et le flux émané d'un pôle magnétique.

On sait que l'intensité du champ magnétique, au voisinage du pôle d'un long aimant rectiligne de puissance déterminée, est en raison inverse du carré de la distance au pôle, la direction de la force magnétique variant d'un point à l'autre ; de même, l'éclairement produit par une source lumineuse d'intensité déterminée est en raison inverse du carré de la distance à la source, et la direction des rayons lumineux varie d'un point à l'autre. Mais dans la plupart des applications pratiques des aimants, ce n'est pas l'intensité du champ ou la direction de la force qui importent le plus : la grandeur qu'il est habituellement nécessaire de connaître est le flux magnétique total envoyé par le pôle dans toutes les directions, flux qui est égal à l'intensité du pôle multipliée par $4\pi$. De même, pour une source lumineuse, la grandeur importante est non pas son intensité en bougies dans une direction déterminée, mais la quantité totale de lumière qu'elle produit : et celle-ci peut être obtenue d'une manière analogue au flux magnétique en multipliant par $4\pi$ la valeur moyenne de l'intensité suivant l'ensemble des directions (c'est-à-dire l'intensité moyenne sphérique). Le résultat obtenu est, dans le premier cas, le nombre de lignes de force émanées du pôle ; dans le second, le nombre de lumens produits par la lampe.

Le constructeur de dynamo n'a que faire de l'intensité de pôle dans ses machines ; il n'y pense jamais. Pour l'ingénieur chargé des études d'éclairage, l'intensité en bougies de ses lampes n'a pas plus

Digitized by Google

d'intérêt. Ce qui lui importe de connaître, c'est la quantité de lumière que peut fournir une lampe : l'intensité en bougies n'indique pas cette quantité de lumière, que la définition en lumens *f* lui donne au contraire aussitôt et sans calcul.

Dans le même ordre d'idées, la vieille expression « nombre de watts par bougie » ne fournit qu'une expression illusoire du rendement d'une lampe, expression qui dépend du type de lampe et du mode de mesure. Au contraire, le nombre de « lumens par watt » constitue une évaluation du rendement qui est correcte et indépendante de la méthode de mesure.

Le lumen est en somme la quantité de lumière qui, répartie sur 1 $m^2$, produit un éclairement d'une bougie-mètre. Connaissant l'aire à éclairer et l'éclairement que l'on désire, le nombre de lumens nécessaires et, par suite, le nombre de lampes d'un modèle donné s'obtiennent aussitôt par le moyen le plus simple, c'est-à-dire en multipliant entre eux les deux facteurs.

**Une nouvelle pile-étalon au plomb** (*Revue générale des Sciences*, 15 mars 1918). — Au cours de recherches sur la température de transition de quelques sels hydratés, MM. W. E. Henderson et G. Stegeman ont eu l'occasion d'étudier une pile galvanique présentant quelques particularités intéressantes, entre autres la constance de sa force électromotrice, facile à reproduire avec une grande exactitude.

Cette pile consiste dans le système suivant :

$$\text{Amalgame de Pb} — PbSO^4 — Na^2SO^4.10.H^2O — Hg^2SO — Hg.$$

Elle est construite suivant le type H au moyen de deux tubes de culture reliés ensemble à une distance de 5 cm. environ de l'extrémité fermée. L'amalgame à 2,53, 5 % de Pb (obtenu par électrolyse d'une solution à 10 % de nitrate de Pb pur avec une cathode de Hg et une anode de Pt) est placé avec une pipette dans un des bras de la pile et le mercure dans l'autre. Une pâte composée d'un mélange intime de sulfate de plomb et de sulfate de sodium humecté avec une solution saturée de ces deux sels est placée sur l'amal-

Digitized by Google

game. Sur le mercure, on dispose d'autre part une pâte formée d'un mélange intime de sulfate de plomb, de sulfate de soude et de sulfate mercureux, humecté avec la solution précédente. Auparavant les sulfates de Pb et Hg doivent être bien lavés pour les débarrasser de toute trace d'acide. On remplit ensuite la pile jusqu'au bras transversal par un mélange intime de sulfate de plomb et de sulfate de sodium, après quoi on introduit une quantité suffisante de solution de ces deux derniers pour couvrir les cristaux et remplir le bras transversal. Des fils de platine scellés dans de petits tubes de verre plongent à travers le mercure et l'amalgame et servent de contacts. Des bouchons de liège, perforés pour le passage des fils, ferment les deux tubes et sont scellés à la paraffine pour les rendre imperméables à l'humidité. La pile est placée ensuite dans un thermostat réglé à 0°,01.

Des mesures effectuées avec un potentiomètre sensible à 0,00001 volt ont montré que la force électromotrice des piles de ce genre est remarquablement constante et voisine de 0,96463 volt à 25° C. (à 3 centièmes de millivolt près). Voici la formule qui donne la force électromotrice à une température quelconque :

$$E = 0{,}96463 + 0{,}000.174\,(t - 25) + 0{,}000.000.38\,(t - 25)^2.$$

Le voltage décroît de quelques centièmes de millivolt au bout d'un certain temps, mais ce phénomène se retrouve dans la plupart des autres éléments étalons.

## PÉRIODIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

**Application du calcul des probabilités à la recherche du nombre de lignes auxiliaires nécessaires dans un système de téléphonie automatique** (*Post office Electrical Engineer's Journal*, juillet 1917) (1).

*Premier problème.* — On suppose que $x$ lignes sont affectées aux conversations de départ d'un certain nombre d'abonnés, que toutes les lignes libres sont accessibles à un abonné demandeur mais que si aucune des $x$ lignes n'est libre, l'abonné demandeur raccroche son récepteur.

(1) Traduction de M. Raynaud-Bonin.

Digitized by Google

On désigne par B la probabilité de trouver les $x$ lignes occupées. On suppose provisoirement que les conversations sont toutes d'égale durée et cette durée est prise pour unité de temps.

Les appels des abonnés sont considérés comme se produisant absolument au hasard, mais le nombre moyen d'appels se produisant pendant l'unité de temps est égal à $y$.

M. Erlang établit la formule donnant la valeur de la probabilité B en fonction de $x$ et de $y$

$$B = \frac{\frac{y^x}{\lfloor x}}{1 + \frac{y}{\lfloor 1} + \frac{y^2}{\lfloor 2} + \ldots\ldots + \frac{y^x}{\lfloor x}}$$

Après avoir supposé que toutes les conversations étaient d'égale durée, l'auteur montre que la formule établie pour B est encore valable si les conversations obéissent à la loi de distribution suivante : « La probabilité pour que la durée d'une conversation dépasse $q$, est égale à $e^{-q}$. » Cette loi serait approximativement vérifiée en pratique, ainsi que le montrent les statistiques faites à Copenhague.

*Second problème.* — On veut déterminer la probabilité $S(<n)$ pour que les $x$ lignes étant occupées, mais l'abonné demandeur attendant sans raccrocher son récepteur que l'une d'elles devienne libre, la durée d'attente soit supérieure à un nombre donné arbitraire $n$.

On a la relation

$$S(<n) + S(>n) = 1$$

on suppose que la durée des conversations varie suivant la loi $e^{-q}$, on désigne par C l'expression

$$C = \frac{\frac{y^x}{\lfloor x}\,\frac{x}{x-y}}{1 + \frac{y}{\lfloor 1} + \frac{y^2}{\lfloor 2} + \ldots\ldots + \frac{y^{x-1}}{\lfloor x-1} + \frac{y^x}{\lfloor x}\,\frac{x}{x-y}}$$

et l'on trouve

$$S(>o) = C$$

$$S(>n) = C.\, e^{-(x-y)n}$$

Digitized by Google

La durée d'attente moyenne est donnée par la formule

$$M = \frac{C}{x - y}$$

*Formules approximatives.* — Les formules *exactes* données plus haut sont en même temps d'une application facile. M. Erlang croit néanmoins utile de mentionner quelques formules approximatives, entre autres celles de Christensen :

La probabilité pour qu'il se produise $x$ appels pendant la période de temps dans laquelle le nombre moyen d'appels est $y$ est

$$e^{-y} \frac{y^x}{\lfloor x}.$$

La probabilité pour qu'il se produise $x$ *appels ou davantage* pendant la même période de temps est

$$P = e^{-y} \frac{y^x}{\lfloor x} + e^{-y} \frac{y^{x+1}}{\lfloor x+1} + \dots\dots$$

Dans plusieurs cas, et nommément lorsque $y$ n'est pas très grand, cette valeur de P sera une bonne approximation pour la probabilité de trouver toutes les lignes occupées. Dans l'hypothèse du premier problème, P remplacerait B par excès ; dans l'hypothèse du second, P remplacerait S ($> o$) par défaut.

**Ligne téléphonique en câble aérien** (*The Telephone Review*, vol. 9, n° 2, février 1918). — M. Stearn fait, dans le *Telephone Review*, le récit d'une lutte victorieuse contre le temps, les intempéries, les difficultés de transport et de construction, et décrit les procédés employés par les ouvriers des lignes téléphoniques pour accomplir une tâche énorme avec une ardeur et une volonté infatigables.

Le travail consistait à prolonger en aérien de Beacon à Catskill le câble interurbain New-York-Albany. En 1916, le câble avait été posé en souterrain de New-York à Tarrytown avec un embranchement de Tarrytown à Nyack et en aérien de Tarrytown à Beacon.



Digitized by Google

Le 5 janvier 1917, le service des lignes de la division d'Hudson reçu l'ordre de le prolonger de Beacon à Catskill.

*Les « débrouillards » de l'Hudson.* — Ce jour-là, la bataille commença. E. H. Greenleaf, chef du service de construction de la division qui avait été chargée de l'établissement de la ligne de Croton à Beacon, reçut du directeur du service des lignes l'ordre d'aller « en avant ». Pouvez-vous faire le travail dans le temps fixé ? — Si nous pouvons, répondit Greenleaf, l' « H » d'Hudson veut dire « Hustler » (débrouillard) et il se mit à l'œuvre avec ses hommes pour justifier sa déclaration.

D'après le plan des travaux, le câble devait être établi jusqu'à Ploughkeepsie le 1er juin, jusqu'à Kingston le 1er juillet et jusqu'à Catskill le 1er août, les ouvriers remplirent ce programme en déployant une grande ingéniosité pour surmonter les obstacles et en établissant ainsi de nouveaux records de vitesse. Cela les conduisit à imaginer de nombreux dispositifs nouveaux qui serviront de modèle pour les constructions futures. Par leur travail, les hommes de la division d'Hudson gagnèrent le nom d' « Hustlers » (débrouillards). C'était la première fois qu'ils posaient un câble d'une valeur d'un million de dollars et grâce à eux ce travail gigantesque fut mené rapidement.

*Le plus long des câbles aériens de grande capacité du réseau téléphonique Bell.* — Le câble aérien interurbain New-York-Albany est le plus long et l'un des plus gros câbles du réseau de la compagnie Bell. Quand il sera terminé, il formera la principale artère téléphonique reliant les plus grandes cités américaines à la métropole et il sera plus tard prolongé jusqu'à Chicago. Il contient plus de circuits que sept lignes aériennes ordinaires de grande capacité. Il suit le côté est de la rivière d'Hudson qu'il traverse en souterrain près de Poughkeepsie et continue ensuite sur le côté ouest jusqu'à Catskill.

De Beacon à Kingston le câble contient 212 paires de fils, et de Kingston à Catskill 206 paires ; son diamètre est 2 5/8 pouces et son poids est de 9 livres anglaises par pied environ. Chaque bobine contenant de 600 à 700 pieds de câbles pèse 3 tonnes 1/2. Dans certains endroits le câble fut placé en souterrain pour le protéger

Digitized by Google

contre les dégâts qui pourraient être causés par les explosions des carrières ou par le feu dans les endroits où il était impossible d'éviter la très grande proximité des immeubles.

24.000 pieds de câble sous-marin environ furent posés à Nyack, Highland Falls et Newburg. Un autre câble sous-marin fut placé plus tard entre Athens et Hudson. Actuellement la plupart des poteaux nécessaires pour l'extension de la ligne de Catskill à Albany sont plantés et le toron de soutien y a été posé jusqu'en un point situé à quelques milles seulement au sud de la capitale de l'État.

Cette extension nécessita la plantation de 1.800 poteaux, la pose de 5 milles de conduite souterraine, la mise en place et l'épissure de 55 milles de câble et de 72 boîtes de bobines Pupin, l'emploi d'un matériel pesant autant que la charge normale de 125 camions et des négociations avec 511 personnes pour obtenir 378 autorisations de traversées des propriétés privées. Dans un cas il fallut rechercher les huit héritiers possesseurs d'une même propriété ; dans ces différentes négociations en vue d'obtenir le droit de passage le long du tracé de la ligne, on a dû traiter avec des habitants des états de New-York, New-Jersey, Pensylvanie, Illinois et Arizona.

*Une entreprise énorme.* — Ossining et Kingston sont actuellement les seules stations de relais téléphoniques installées sur la ligne, bien qu'Albany doive éventuellement s'ajouter à cette liste. A Kingston, la disposition des locaux du bureau central dût être modifiée pour faire place à l'équipement des relais. A cet effet on établit une nouvelle installation d'énergie dans le bureau comprenant un moteur à gaz 20HP avec générateur pour la charge d'accumulateurs et sept batteries d'accumulateurs ; cette installation fut montée dans le sous-sol, l'ancienne salle terminale étant utilisée pour les relais téléphoniques. On installera prochainement dans cette station un nouveau tableau de coupure et de mutation à quatre panneaux pour la coupure des circuits interurbains et pour leur raccord aux relais téléphoniques, aux transformateurs de combinaison et aux équipements de télégraphe simultané système Van Bysselberghe.

Un employé de chemin de fer qui visita la ligne donna une idée

Digitized by Google

exacte de sa valeur lorsqu'il fit remarquer avec étonnement qu'un câble téléphonique interurbain aéro-souterrain avec ses poteaux et ses conduites souterraines coûte autant qu'un chemin de fer à voie unique. Le prix de revient final de chaque paire de fils du câble New-York-Albany sera au moins de 12.000 dollars et, quand la ligne ira jusqu'à Chicago, comme cela est prévu, on estime que, selon les cours actuels, chaque paire de fils reviendra à 70.000 dollars.

Les équipes d'ouvriers de l'Hudson étaient pénétrées de l'importance de leur travail ; elles savaient qu'elles posaient la première section de 100 milles d'un câble qui représentera une dépense d'au moins 14.000.000 de dollars lorsqu'il s'étendra jusqu'à Chicago. Elles travaillèrent avec la pensée qu'il fallait autant que possible mettre cette grande artère de communication, sur toute la section à leur charge, à l'abri des dérangements provenant de vices de construction.

*Commencement des travaux.* — Chaque opération avait été étudiée à l'avance et le jour où l'ordre d' « aller en avant » fut reçu, Greenleaf réunit ses chefs d'équipe à Kingston, et le lendemain les travaux commencèrent. Le 7 janvier, les premiers camions chargés de poteaux arrivèrent et la distribution se fit aux points désignés par ceux qui avaient étudié le tracé de la ligne.

Dans le tracé de la section Beacon-Catskill, les piquets placés à un pied l'un de l'autre furent peints en rouge et blanc, afin de les rendre visibles à une plus grande distance. Après avoir fixé l'emplacement des poteaux et mesuré leur écartement (généralement 100 pieds environ), on enfonça, aux endroits où des appuis devaient être établis, un piquet indiquant la dimension et la nature du poteau à employer, la longueur de la portée, le numéro d'ordre du poteau et le type du fil de hauban, s'il y avait lieu d'en employer. Un relevé des numéros d'ordre des piquets et de la longueur des poteaux requis à l'emplacement de ces piquets fut ensuite remis au fournisseur de poteaux.

L'employé chargé du tracé de la ligne jouait dans cette construction le rôle de l'architecte. Il devait prévoir et éviter toutes les éventualités capables de causer des dérangements futurs, par

Digitized by Google

exemple les explosions pour l'élargissement des rues et des routes ou pour l'exploitation des carrières. On tint aussi compte des dérangements qui pourraient être causés par les chutes d'arbres ou par le feu. Malgré les précautions prises, un premier accident faillit endommager le câble juste au nord de Wappingers Falls. A cet endroit plusieurs barriques d'huile lourde étaient emmagasinées sous le câble ; une nuit, des feuilles sèches qui avaient été entassées près des barriques prirent feu et enflammèrent l'huile, mais deux ouvriers soudeurs qui vinrent à passer peu après le début de l'incendie l'éteignirent rapidement.

Dans un endroit du tracé, une maison en bois inhabitée s'élevait sur le trajet du câble. C'était un risque d'incendie, il fallait, soit détourner le câble de l'autre côté de la route et revenir après ce détour à l'alignement normal, soit poser une petite section souterraine, soit démolir la maison. Celle-ci était une dépendance d'un moulin abandonné; le propriétaire voulait s'en dessaisir, elle fut abattue. Quelques habitants de la localité en retirèrent les charpentes. Un grand nombre de sections sont en alignement parfaitement droit, mais si de telles sections sont toujours plus agréables à l'œil, par contre les lignes présentant des angles et munies de haubans nombreux et puissants constituent une construction plus solide. Dans plusieurs cas les ouvriers purent raccourcir la ligne en traversant les propriétés privées ; ils économisèrent de cette manière 2 milles 1/2 de câble, soit une valeur d'environ 38.000 dollars, sans compter les avantages qui en résultent au point de vue de la transmission téléphonique.

Presque tous les poteaux furent plantés par adjudication, attendu que les ouvriers des lignes étaient nécessaires pour d'autres travaux.

*Préparatifs en vue de la pose du câble.* — Les premières mesures pour déterminer la longueur de câble à employer furent prises au moyen d'un ruban posé sur le sol de poteau à poteau; on ajouta au total donné par ces mesures 2 pouces pour la flèche dans chaque portée de 100 pieds, 6 pouces pour le raccordement entre le câble téléphonique et le câble de tirage pour chaque section de tirage, et 2 pieds, comme à l'ordinaire, pour chaque épissure entre deux sections consécutives de câble téléphonique.

Digitized by Google

L'employé du service du matériel avait une liste de l'équipement nécessaire pour chaque poteau; il fit la distribution du matériel sur un camion ou au moyen d'un fourgon traîné par un cheval, quand il devait pénétrer dans les propriétés privées; il déposait à chaque point le matériel nécessaire. Ceci laissait toute liberté aux chefs d'équipe pour surveiller le travail de leurs ouvriers. La plus grande partie du matériel fut amenée directement sur place de la gare la plus rapprochée, mais le petit matériel fut préalablement assemblé dans les dépôts. Les instructions étaient les suivantes: « Ne faites pas sur le terrain ce qui peut être fait dans de meilleures conditions dans les dépôts, et ne faites pas sur les poteaux ce qui peut être fait dans de meilleures conditions à terre. »

Le tirage d'environ trois tonnes de câble en une seule fois est une opération qui mérite bien quelque attention. Dès que les poteaux furent plantés on tendit un câble de soutien d'un poteau à l'autre. C'était un câble à sept torons muni de bagues aériennes espacées d'environ 15 pouces l'une de l'autre.

La pose de ces bagues est un travail délicat car elles s'entremêlent facilement pendant leur transport. On en employa 500.000 dans la section Beacon-Catskill du câble interurbain. Le champion des poseurs de bagues de l'Hudson en posa 5.400 par jour, ce qui constitue un record. Pour arriver à ce chiffre, il a dû poser une bague toutes les cinq secondes pendant huit heures, et, comme M. Greenleaf l'a fait remarquer dans sa conférence, il lui resta fort peu de temps pour rouler des cigarettes. On disposa dans ces bagues un toron de fils de petit diamètre qui servit à mettre en place le câble d'acier destiné au tirage ultérieur du câble téléphonique.

*Tirage du toron de fils de petit diamètre.* — Un camion Ford partait le premier et s'arrêtait à l'extrémité d'une section de ligne; les hommes mettaient en œuvre une roue placée à l'arrière du camion et jouant le rôle d'enrouleuse. Cette enrouleuse était formée de plusieurs barres de fer partant des rayons de la roue et perpendiculaires au plan de cette roue, constituant une sorte de treuil improvisé. Une extrémité du toron de fils fins était raccordée à l'une des barres de cette enrouleuse, et à l'autre bout de la section de

Digitized by Google

ligne, l'autre extrémité de ce toron de fils fins était raccordée à un câble d'acier enroulé sur un treuil monté sur un camion automobile de deux tonnes. Le moteur du camion Ford démarrait alors doucement et le câble d'acier du treuil prenait place rapidement dans les bagues. Cela fait, le camion avançait jusqu'à l'extrémité de la section suivante et l'opération précédente se renouvelait. Au câble de tirage du treuil on raccordait ensuite le câble téléphonique en ayant soin de replier les conducteurs mis à nu de ce câble et de les tresser autour de l'enveloppe sur une longueur de trois pieds environ ; le rôle de ce réseau de fils tressés était de répartir convenablement la tension de tirage.

La bobine de câble était montée sur un axe supporté par un bâti placé à l'extrémité opposée de la section ; un ouvrier portant un arrosoir (semblable à ceux que l'on emploie dans la culture des pommes de terre pour détruire la vermine) rempli d'huile légère, se tenait à côté de la bobine de câble. Au coup de sifflet, sous l'action du moteur du treuil de tirage, le gros câble téléphonique, lubrifié par l'huile de l'arrosoir, commençait à se dérouler et progressait sans arrêt au travers des bagues jusqu'à ce que son extrémité ait atteint le point où stationnait le camion-treuil. L'arrosoir vaporisait l'huile pendant toute la durée de l'opération, car, sans une bonne lubrifaction, le frottement des bagues sur le câble pendant le tirage aurait considérablement ralenti la marche du travail.

Quand une section de câble était posée dans les bagues, le treuil, sans changer d'emplacement, effectuait, dans le sens opposé, le tirage de la section de câble suivante, aussitôt que le camion Ford avait mis en place dans les bagues de cette nouvelle section le câble d'acier du treuil. Le camion-treuil répétait donc l'opération du tirage deux fois à chacune de ses positions de travail, de part et d'autre de cette position ; et cela se reproduisait à des intervalles égaux à la longueur de deux sections de ligne, l'équipe affectée aux bobines de câble travaillant entre l'équipe qui desservait le camion Ford et celle qui desservait le camion-treuil. En faisant allusion au tirage du câble effectué par les « Débrouillards » de l'Hudson quelqu'un a écrit : « Tous les ordres furent donnés à coups de sifflet, comme sur le front français lorsque les soldats s'élancent des

Digitized by Google

tranchées pour faire un assaut. Aucun ordre verbal ; chaque unité travaillant en silence et progressant sans perdre en paroles ni de l'énergie, ni du temps. »

*Rôle de l'ingéniosité.* — Une des opérations les plus importantes dans la construction d'un câble téléphonique aérien consiste à donner au toron de soutien la tension convenable. S'il est trop tendu, il risque de se briser. Il faut aussi admettre un facteur de sécurité raisonnable parce que le câble peut toujours être amené à supporter une lourde couche de glace ou être exposé à un vent de 60 à 70 milles à l'heure, ou bien à une tempête de grésil et de vent. D'autre part un câble possédant une trop grande flèche est susceptible de subir des oscillations qui détérioreront l'enveloppe de plomb au voisinage des poteaux. Ce fut une occasion nouvelle de faire preuve d'ingéniosité. Les « Hustlers » imaginèrent un dispositif permettant de mesurer la flèche et comportant une perche dont une extrémité porte un crochet que l'on place sur le toron de soutien et dont l'autre extrémité est fixée à un ressort solidaire d'un index se déplaçant devant une graduation. Les ingénieurs trouvèrent que lorsque la tension exercée sur le ressort était suffisante pour amener l'index en regard du point marqué 9 pouces sur la graduation, la flèche correspondante était de 21 pouces au milieu d'une portée de 100 pieds de long. Les indications de cet appareil varient naturellement selon les différentes longueurs des portées et un tableau indiquant ces variations fut dressé en vue des constructions futures. Quelques ouvriers doutant que la tension donnée au toron de soutien à la suite des essais effectués au moyen de ce dispositif à ressorts fût suffisante, empruntèrent 90 contrepoids de fenêtre pesant chacun 10 livres ; ils les accrochèrent au toron de soutien à 1 pied environ d'intervalle l'un de l'autre tout le long d'une portée afin de se rendre compte pratiquement de l'aspect qu'aurait la ligne après la pose du câble téléphonique.

*Tous les records de tirage de câbles furent battus.* — Quand le tirage du câble commença, le chef de l'équipe employée aux bobines de câble fit naître une grande rivalité entre ses hommes et ceux de l'équipe du treuil chargée du tirage ; l'équipe du treuil essayait journellement de déborder l'équipe des bobines en tirant le câble

Digitized by Google

plus vite que l'équipe des bobines ne pouvait installer les bobines de câble à dérouler et enlever les bobines vides.

Pour marcher de pair avec l'équipe de tirage, l'équipe des bobines devait vider une bobine et se porter à la suivante en moins de dix minutes. Cela paraît plus facile que cela n'était en réalité ; pour installer une bobine pesant 3 tonnes 1/2, dérouler l'extrémité du câble, l'amarrer au câble de tirage et passer à la bobine suivante placée à plus de 200 yards, tout cela en 600 secondes, il faut une activité exceptionnelle. L'équipe des bobines y réussit et prétend que les tireurs du câble n'allèrent jamais plus vite qu'elle. Le chef de cette équipe se plaisait à dire aux tireurs de câble, le soir, lorsqu'ils quittaient leur travail, ou chaque matin lorsqu'ils le reprenaient : « Camarades, qui vous a dit que vous pouviez tirer un câble? Vous êtes plus lents que des mollusques. » Et alors la rivalité pour un bon motif reprenait et elle donna de tels résultats que tous les records de tirage de câbles furent battus.

*45.000 dollars suspendus chaque jour aux poteaux téléphoniques.* — Un principe fondamental de l'organisation du travail des équipes était de ne déplacer les hommes et le matériel que dans une seule direction sans retour en arrière et ce principe fut fidèlement suivi, sauf en ce qui concerne les deux camions Ford. Quand le tirage du câble était achevé, un de ces camions allait en arrière chercher les bâtis sur lesquels étaient montées les bobines de câbles vides, l'autre camion servait à mettre en place, dans les bagues, le câble de tirage destiné au tirage de la section suivante de câble téléphonique.

Au cours du travail on diminua graduellement les effectifs des équipes affectées aux bobines. Au début on avait mis plusieurs ouvriers par bobine mais les surveillants décidèrent que cette organisation pouvait être améliorée et ils élaborèrent un plan définitif qui réduisit d'abord l'équipe affectée à une bobine à trois hommes et ensuite à un seul.

Si l'on se base sur la valeur du câble posé de poteau à poteau, *Coal Oil Johnny*, dans ses plus belles randonnées en train spécial ou en yacht, n'arrivait pas à dépenser son argent aussi vite que le firent les tireurs de câble de l'Hudson. Quand tout allait bien, ils

Digitized by Google

suspendaient aux poteaux téléphoniques 45.000 dollars par jour. Le 25 mai, il y eut assez de bobines accumulées pour que le tirage puisse s'effectuer sans arrêt pendant toute la journée et les hommes posèrent 41 bobines ou 27.500 pieds de câble. Le 28 juin, ils posèrent 46 bobines, soit un total de 28.400 pieds. Pendant les seuls quatre jours où une quantité suffisante de câble avait été accumulée pour permettre de faire du tirage pendant une journée complète, les ouvriers posèrent une moyenne de 39 bobines ou environ 5 milles de câble par jour.

*Les derniers travaux.* — Les boîtes contenant les bobines Pupin furent placées sur la ligne à 6.100 pieds d'intervalle, suivant un procédé nouveau. L'essai des sections de câbles à raccorder aux bobines Pupin fut très compliqué ; il fallut quatre heures de travail pour déterminer, avant de faire l'épissure, la meilleure disposition des paires de fils, et des groupes de paires qu'il convenait d'adopter. On fit près de 500 essais individuels à chaque série de mesures, et ces séries furent au nombre de 49.

Pour l'enlèvement des fils nus que remplaçait le câble (une des tâches les plus difficiles des ouvriers des lignes) les ouvriers de l'Hudson imaginèrent un procédé qui facilita leur besogne. L'équipe chargée de relever l'ancienne ligne partit en avant et fit tomber les fils en évitant soigneusement d'exercer une tension importante sur les poteaux ; ensuite un groupe de rouets mûs par un moteur et à peu près semblables à l'enrouleuse du camion Ford, fut également monté sur un camion et servit à enrouler le fil nu relevé. Ce dispositif d'enroulement comportait en somme deux enrouleuses permettant chacune d'enrouler 25 fils à la fois ; il comportait en outre un système de consolidation au moyen de cordes et un dispositif de sûreté qui dégageait la courroie d'entraînement dans le cas où les fils venaient à s'emmêler. On ne peut enrouler à la main que quelques milles de fil en une journée, tandis que cette machine peut enrouler 100 milles (c'est-à-dire un poids de 12 tonnes) de fil par jour.

**Conduite aérienne pour ligne téléphonique** (*The Telephone Review*, vol. 9, n° 1, janvier 1918). — Un type de construction

Digitized by Google

extraordinaire fut récemment utilisé dans le New-Jersey pour supporter une ligne téléphonique souterraine qui avait été minée et mise à découvert par suite de travaux pour l'extraction de l'argile.

Le problème consistait à supporter dans une portée à découvert de plus de 250 pieds (75 m. environ) 3 câbles de diamètre maximum enfermés dans une conduite de bois créosoté. De plus, il était nécessaire de prévoir l'addition probable d'un quatrième câble également de diamètre maximum. A cause des puits d'argile que l'on creusait sous la conduite souterraine, il était impossible de planter dans le sol des appuis ordinaires régulièrement espacés le long de la ligne ; on trouva aussi qu'il était impossible de couper et détourner provisoirement cette section de ligne souterraine. Il ne restait que la solution consistant à supporter la conduite au moyen d'une suspension aérienne.

Il fallait préparer ce dispositif de suspension dans le plus bref délai possible. A cause de la difficulté de se procurer un matériel spécial dans un temps raisonnable, il était nécessaire de réaliser cette suspension avec le matériel ordinaire de la compagnie.

En tenant compte de ces considérations, on trouva qu'un câble porteur tendu entre des pylônes distants de 300 pieds (91 mètres) remplirait les conditions du problème.

*Câble porteur.* — En calculant les efforts auxquels les différentes parties de cette suspension seraient soumises, on a admis que l'ensemble était recouvert d'une couche uniforme de glace de 1/2 pouce (1 cm. 25) d'épaisseur. Dans ces conditions, avec 3 câbles de diamètre maximum enfermés dans des conduites de bois, la charge totale sur toute la portée est de 7.600 kilos environ. En adoptant la plus grande flèche possible avec des appuis de 65 pieds (20 mètres environ), cette charge appliquée à un seul câble porteur produirait une tension variant de 13.000 livres (5.850 kg.) environ près des poteaux, à 11.000 livres (4.590 kg.) environ au milieu de la portée. On ne prit pas en considération la pression du vent puisque d'après le projet admis, la conduite aérienne devait être haubannée latéralement en trois points au moyen de haubans horizontaux dans les deux directions.

Avec la conduite et trois câbles, sans tenir compte de la couche

Digitized by Google

de glace, la tension maximum dans ce toron de soutien unique serait approximativement de 11.000 livres (4.590 kgs).

Puisque l'on ne disposait d'aucun type de câble d'acier qui puisse supporter avec sécurité, à lui seul, une aussi grande charge, il fut nécessaire d'utiliser deux câbles porteurs en acier. En disposant ces câbles de façon que chacun supporte la moitié de la charge, la tension maximum, estimée dans chacun d'eux, en supposant que la charge se compose de la conduite à trois voies contenant les 3 câbles et d'une couche de glace uniforme de 1/2 pouce d'épaisseur, serait approximativement de 7.000 livres (3.200 kgs environ). Le toron standard de 16.000 livres (7.250 kgs) est donc suffisamment robuste pour cette charge.

Les deux câbles porteurs supportant la conduite de manière à la maintenir dans une position horizontale doivent prendre une forme parabolique à peu près parfaite. Les longueurs exactes des supports verticaux et de toutes les parties de la suspension furent, par suite, calculées en employant les différentes formules de la parabole.

Les calculs indiquent qu'avec une flèche d'environ 58 pieds (17 m. 60) et une portée de 300 pieds (91 mètres), la longueur totale de chaque toron de soutien entre les poteaux serait de 328 pieds (100 mètres environ).

*Appuis.* — Dans le calcul des appuis des deux extrémités de la portée, il a été nécessaire de tenir compte non seulement du poids de la conduite supportée, mais aussi de la traction exercée par les haubans sur les poteaux constituant les appuis. Des enquêtes établirent que le sol, dans le trajet de la ligne téléphonique, n'était pas suffisamment solide pour permettre d'utiliser, à chaque extrémité de la portée, des poteaux de 65 pieds (20 mètres environ), plantés de la façon habituelle. On y remédia en construisant une semelle de fondation au niveau du sol entre les pieds des deux poteaux constituant l'appui.

Le calcul a montré que, en raison de leur hauteur et de la charge élevée qui leur est appliquée, ces poteaux sont susceptibles de fléchir entre les sommets haubannés et les pieds. En conséquence, on plaça des attaches en croix entre les poteaux pour empêcher le voilement dans une direction normale à la conduite et une entre-

Digitized by Google

toise au milieu de chaque poteau pour empêcher le voilement dans le sens de la conduite.

*Crochets des haubans.* — On ne pouvait pas compter sur les crochets de haubans du modèle ordinaire pour supporter le poids énorme appliqué au sommet de chaque poteau : aussi fabriqua-t-on une attache spéciale en acier s'adaptant au sommet de chaque poteau qu'on substitua aux crochets de haubans ordinaires.

*Supports verticaux.* — Le câble de 2.000 livres (900 kgs) a été utilisé pour la confection des supports verticaux de la suspension caténaire. Ces supports verticaux sont attachés aux câbles porteurs de 16.000 livres au moyen de crampons de suspension à 3 boulons du type normal. Les deux boulons extérieurs de chaque crampon sont serrés sur le toron de 16.000 livres, constituant les câbles porteurs. Le toron de 2.000 livres est disposé sur un maillet passant à travers le trou du boulon du milieu du crampon.

Afin d'égaliser la tension entre les deux brins du support vertical et distribuer ainsi également la charge entre les deux câbles porteurs de 16.000 livres on employa un tube d'acier de 2 pouces (5 cm.) agissant comme une poulie sous laquelle passe le toron du support vertical comme dans la figure 4. Ce tube continu a été réalisé en adaptant différents éléments les uns aux autres au moyen de raccords filetés; il est placé horizontalement dans les boucles inférieures des supports verticaux. Dans cette position, ils forment un support complètement rigide sur lequel les éléments de conduite téléphonique sont attachés solidement au moyen de quelques spires de fil de fer galvanisé.

Quand la conduite aérienne fut mise en place dans sa position normale, elle se raccorda parfaitement aux extrémités de la conduite souterraine adjacente. Avec la charge des trois câbles, de dimension maximum, placés dans la conduite, celle-ci accusa une courbure vers le haut, ayant un pied (0 m. 30) environ au milieu.

**Charrues pour creuser des tranchées sous-marines** (*The Telephone Review*, vol. 9, n° 1, janvier 1918). — Si, tout en voyageant le long des côtes de la baie de Jamaïque, de la grande baie du Sud ou de n'importe quelle autre des nombreuses voies mari-

Digitized by Google

times qui entourent la côte de Long Island, vous apercevez le bateau poseur de câbles de la Division (le *Blue Bell*) apparemment en fuite poursuivi par un périscope, il ne sera pas nécessaire d'appeler à son secours la flotte de destroyers du Gouvernement des États-Unis. Le *Blue Bell* fait simplement un travail pacifique, il enterre un câble sous-marin afin de le mettre à l'abri des ancres des petits bateaux, des harpons des pêcheurs d'anguilles ou des râteaux des pêcheurs d'huîtres. Le périscope fait partie de la nouvelle machine destinée à enterrer les câbles sous-marins en eau peu profonde et dans un fond de vase. La charrue enterre le câble à une profondeur de 14 pouces (0 m. 35) ; son emploi donne pleine satisfaction.

La Division de Long Island a aussi adopté une charrue pour enterrer les câbles dans les marais salants où la résistance même du sol se prête facilement à un tel travail mécanique. Lorsque cette charrue est mise en mouvement par un moteur Ford faisant tourner un treuil au moyen d'engrenages convenables, elle creuse, à raison de 40 pieds (12 mètres) par minute, une tranchée de 4 pouces (10 cm.) de largeur, sur 16 pouces (40 cm.) de profondeur. Le soc de la charrue est courbé de façon à faire sauter des mottes de terre que l'on rejette dans la tranchée avec un râteau après la pose du câble. L'emplacement de la tranchée est ensuite indiqué par des mâts en ciment aux endroits où le câble sous-marin est épissé au câble sous plomb ordinaire et par des piquets en bois créosoté espacés de 10 pieds (3 mètres) environ dans les îles marécageuses. Le soc de la charrue est précédé de deux couteaux ; l'essai a montré que ceux-ci doivent être susceptibles de se mouvoir librement. Lorsqu'ils sont opposés l'un à l'autre, on rencontre beaucoup trop de résistance.

Digitized by Google

# INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

**Nouveau poste central téléphonique à Paris.** — Un poste central situé rue de La Boétie et dénommé « Élysées » a été ouvert au service en janvier dernier.

Le multiple qui y est installé, construit par la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, est d'un système manuel à batterie centrale et peut atteindre une capacité totale de 12.600 lignes d'abonnés.

L'équipement de début réalisé est de 5.000 de ces lignes réparties à raison de 100 sur chacune des 50 positions de départ en service. Il n'existe pas de multiplage général sur ces positions.

27 groupes d'arrivée et intermédiaires permettent d'assurer l'établissement des communications interurbaines, locales ou originaires des autres postes centraux de Paris. Sur ces positions, l'appel de l'abonné demandé est effectué par le simple enfoncement de la fiche du monocorde utilisé dans le jack général correspondant.

Des tables d'essais et de renseignements y sont également installées.

Environ 3.500 abonnés, autrefois desservis par les postes centraux de Wagram et de Gutenberg et domiciliés dans certaines parties des quartiers des Champs-Élysées, du Roule, de l'Europe et de la Madeleine, ont été amenés au bureau « Élysées ».

**Service postal aérien.** — Le développement remarquable de l'aviation a engagé l'Administration des États-Unis à rechercher les moyens d'utiliser les aéroplanes pour les transports postaux partout où cela pourrait être avantageux.

Un concours a en conséquence été ouvert pour l'organisation d'un service postal aérien dans le Massachusetts et dans diverses régions de l'Alaska. Malheureusement, les concurrents n'ont pas pu se procurer des aéroplanes construits spécialement pour le transport des

Digitized by Google

482.856 Perfectionnement au contrôle des réseaux de téléphonie semi-automatique — Compagnie française pour l'Exploitation des procédés THOMSON-HOUTSON — France.

S'applique au cas de lignes interurbaines traversant un bureau auxiliaire avant d'aboutir au central semi-automatique; lorsqu'on relie deux de ces lignes, on intercale dans le circuit une longueur de câble égale à deux fois la distance qui sépare le bureau auxiliaire du central interurbain. Le dispositif proposé a pour but de permettre à ce dernier bureau d'opérer automatiquement la jonction dans le bureau auxiliaire, et de supprimer ainsi l'intercalation des câbles de renvoi.

484.284 Appareil auxiliaire pour téléphone — MM. Frederik Christian Carl Vincent NÆSER et Niels August Johannes LILLIENDHAL-PETERSEN — Danemark.

Le récepteur est placé dans une boîte de résonance munie d'un cornet.

484.357 Dispositif commutateur automatique pour thermotelephones — Société NAAMLOOZE VENNOOTSCHAP DE NEDERLANDSCHE THERMO-TELEPHON MAATSCHAPPIJ — Pays-Bas.

485.239 Protecteur pour écouteurs téléphoniques — M. Gaston-Marie-Claudius AULANIER — France.

Disque amovible adapté au récepteur dans un but hygiénique et pour l'usage individuel des téléphonistes.

485.522 Perfectionnements à la signalisation par ondes électromagnétiques — M. Alessandro ARTOM — Italie.

485.677 Fiche téléphonique — M. Jean PÉRIES — France.

485.708 Perfectionnements aux modes d'enregistrement des communications téléphoniques — Compagnie française pour l'exploitation des procédés THOMSON-HOUTSON — France

485.754 Relais télégraphique — Société : THE UNITED TELEGRAPH AND CABLE C° — États-Unis d'Amérique.

486.140 Perfectionnement aux appareils téléphoniques à boutons automatiques — M. Fernand HAMES — France.

*L'éditeur-gérant*
A. DUMAS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

Digitized by Google

Engineering Library

GENERAL LIBRARY
NOV 7 1918
UNIV. OF MICH.

# ANNALES
DES
# POSTES, TÉLÉGRAPHES
# ET TÉLÉPHONES

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**
*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*
**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

VIIe Année — N° 3, 1918.

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1er Janvier.*

PARIS
A. DUMAS, ÉDITEUR
6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IXe)

Digitized by Google

Digitized by Google

# ANNALES

DES

# POSTES, TÉLÉGRAPHES

# ET TÉLÉPHONES

---

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**

*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*

**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

---

VII[e] Année — N° 3, 1918.

---

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1[er] Janvier.*

---

PARIS

A. DUMAS, ÉDITEUR

6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IX[e])

Digitized by Google

# COMMISSION DES ANNALES

# DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

## AVIS

Les manuscrits adressés aux Annales sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII^e^.

*Membres de la Commission :*

M. Dennery, Inspecteur général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, *Président.*

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le Directeur du Personnel à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Lorain, Directeur de l'Exploitation Téléphonique, Professeur à l'École Supérieure.

M. Ferrière, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine, Professeur à l'Ecole Supérieure.

M. Maureau, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École Supérieure.

M. Augier, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. Paillon, Directeur départemental des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Sous-Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes, *Membres.*

MM. Taffin, Inspecteur des Postes et Télégraphes, Drouet et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes, *Secrétaires.*

M. Godet, Rédacteur des Postes et Télégraphes, *Secrétaire-adjoint.*

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

Pages

La Poste et l'esprit fiscal, par M. Broin, Sous-Directeur à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes..... 395
Les Relais téléphoniques employés par l'Administration française ..... 403
Efficacité des dicordes d'intercommunication au point de vue de la transmission téléphonique, par M. Walter C. Freeman.... 411
Simple remarque sur la Téléphonie à grande distance, par M. Pomey, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes..... 423

***

## SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Projet d'installation de transporteurs mécaniques à l'Hôtel des Postes de Paris..... 425
Essais de chariot électrique pour le transport des sacs postaux sur les quais des gares ..... 431
Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes..... 441
Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés ..... 442

***

## Comité technique des postes et télégraphes

Utilisation des courants industriels pour les appels téléphoniques..... 443

Digitized by Google

## LE SERVICE POSTAL, TÉLÉGRAPHIQUE ET TÉLÉPHONIQUE DANS LES ADMINISTRATIONS ET ARMÉES DES PAYS ENNEMIS

Fédération des agents des Postes en Allemagne ..... 446
Budget des Postes allemand de 1918..... 447
Poste aérienne en Autriche..... 450
Matériel de démonstration de T. S. F. du Bureau d'essais Télégraphiques de Berlin..... 452
Nouveaux tarifs téléphoniques autrichiens..... 470

* * *

## COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES

### *Périodiques en langue française.*

Les nouveaux matériaux dans l'industrie électrique..... .... 472

### *Périodiques en langues étrangères.*

Les services publics pendant la guerre ..... 481
Nouvel appareil télégraphique imprimeur..... 482
Appels simultanés sur les lignes téléphoniques..... 482
Le téléphone automatique à Washington ..... 483
Dérangements sur les câbles téléphoniques souterrains..... 485
Appels téléphoniques abusifs..... 486
Restriction dans l'usage du téléphone..... 487
Bureau téléphonique et télégraphique du Ministère de la Guerre aux États-Unis ..... 489
Standardisation dans le service téléphonique..... 490

## INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Opérations de la caisse nationale d'épargne en 1916 ..... 492
Les excédents de versements depuis le 1er janvier 1918 à la caisse nationale d'épargne ..... 493

Digitized by Google

Service postal aérien aux États-Unis..... 494
Pile au sélénium employée comme signal d'alarme..... 495

*
* *

Brevets d'invention..... 496

Digitized by Google

## BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES (1)

*Construction des lignes télégraphiques et téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Lorain, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (4e édition. 1916). — 2 vol. Prix : 6 francs le vol.

*Comptabilité et droit budgétaire.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Feret du Longbois, Directeur au Ministère des Finances (1912). — 1 vol. Prix : 6 francs.

* *Installations télégraphiques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Tongas, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (1918). — 2 vol. Prix : 12 fr. 50 le volume.

*Les derniers progrès réalisés en télégraphie*, par M. Tongas (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Installations téléphoniques.* Cours professé à l'École Supérieure par M. Milon, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2e édition. 1918). — 1 vol. Prix : 12 fr. 50

*Exploitation postale.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Ferrière, chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. Prix : 6 francs le volume.

* *Conférences sur les moteurs thermiques* faites à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Sauvage, Inspecteur général des Mines (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Électricité industrielle.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Maureau Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. Prix : 10 fr. 50.

*Principes d'électricité.* Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Drouet, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 3 fr. 75.

*Théorie de la pupinisation et applications pratiques.* — Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, par M. Cahen, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914).— 1 vol. Prix : 1 fr. 50

*Cours élémentaire pratique de Télégraphie sans fil*, à l'usage du personnel, par M. G. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 6 francs.

*La Technique Télégraphique en France* (ouvrage publié à l'occasion

(1) Ces ouvrages (sauf ceux marqués d'un astérisque) se trouvent dans les bibliothèques départementales.

Digitized by Google

de l'Exposition de San-Francisco), par M. MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1916). — 1 vol. in-8° carré. Prix : 3 fr. 50.

En vente à la librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, V^e^.

---

* *Cours d'électricité théorique* professé à l'École Supérieure (section des élèves-ingénieurs), par M. POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 13 francs.

*De la propagation du courant télégraphique et téléphonique* (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. FLEMING), traduit de l'anglais par M. RAVUT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 12 francs.

*La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple* (*Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das mehrfache Fernsprechen*, par K. Berger); traduit de l'allemand par M. LE NORMAND, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 fr. 50.

*Pratique radiotélégraphique* (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par REIN), traduit de l'allemand par M. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

*La Téléphonie automatique*, par M. MILON, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol.

*La Télégraphie en Amérique* (*American Telegraph Practice*, par DONALD MC NICOL); traduit de l'anglais par MM. PICAULT et VIARD, Ingénieurs des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol.

En vente chez M. Gauthier-Villars, éditeur, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^.

---

*Traité de Téléphonie* (extraits de *Telephony*, par ABBOTT); traduit de l'anglais par M. GILLES, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 francs.

*Traité de Téléphonie pratique* (extraits de *American telephone practice*, par KEMPSTER B. MILLER); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

En vente chez M. Albin Michel, éditeur, 22, rue Huyghens, Paris, XIV^e^.

---

Digitized by Google

*Les câbles télégraphiques et téléphoniques* (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par STILLE); traduit de l'allemand par MM. PICAULT, Ingénieur, et MONTORIOL, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 25 francs.

En vente chez M. Béranger, éditeur, 15, rue des Saint-Pères, Paris, VI°.

---

## VIENNENT DE PARAITRE :

*Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes*, à l'usage du personnel, 1917. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 337 pages. Prix : 4 frs.

*Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels*, à l'usage du personnel, 1918. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 140 pages. Prix : 3 francs.

*Instruction sur les circuits combinés et circuits appropriés à la télégraphie et à la téléphonie simultanées*, à l'usage du personnel, 1918. — Une plaquette in-16 jésus à l'italienne, 26 pages. Prix : 1 fr. 75.

*La télégraphie, la téléphonie, l'électricité depuis* 1878. Extraits du 2000e numéro de *The Electrician*, traduits par G. HAMEL et E. PICAULT, ingénieurs des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 4 francs.

En vente à la Librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, V°.

---

Digitized by Google

# LA POSTE ET L'ESPRIT FISCAL

PAR M. BROIN,
Sous-Directeur à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes.

Dans son programme de Réorganisation des services des P.T.T., M. le Ministre du Commerce a insisté particulièrement sur la nécessité de « dégager l'Administration des traditions et des « règles auxquelles elle obéissait comme régie financière ».

La volonté bien arrêtée d'abandonner à tout jamais l'héritage du long passé que représentent ces traditions et ces règles apparaît d'ailleurs nettement dans la création mentionnée à ce programme de deux organismes nouveaux : *le Service d'études et de recherches techniques*, d'une part, *l'Office Commercial*, de l'autre. Il est certain en effet que le fonctionnement de ces organismes doit aider très utilement les différents services de l'Administration à renoncer à des habitudes encore trop administratives et à des procédés de travail souvent peu productifs, afin d'y substituer une large application des moyens et des méthodes en usage dans l'industrie et dans le commerce.

Au moment où s'affirment les tendances nouvelles et où se produit cet effort de modernisation de l'exploitation des monopoles des P. T. T., il n'est peut-être pas sans intérêt d'appeler l'attention sur celle des traditions, aujourd'hui condamnées par M. le Ministre du Commerce, qui a le plus lourdement pesé sur la marche du service des Postes, je veux parler de l'esprit de fiscalité, qui, pendant trois cents ans, a régenté ce service.

* * *

On sait que, à ses premiers débuts, la Poste fut une institution purement gouvernementale organisée uniquement pour les



Digitized by Google

besoins des affaires de l'État. C'est dans la suite des temps, et peu à peu, que les courriers royaux, bravant la défense qui leur en était faite, acceptèrent de transporter les correspondances des particuliers. Au commencement du XVI^e^ siècle, Sully voulut donner un statut à l'état de choses qui, sans profit pour le Trésor royal, s'était ainsi créé. *Les revenus de la Poste furent, par son ordre, classés au nombre des impôts.* Par application des méthodes administratives en vigueur à cette époque, le soin de recouvrer cet impôt nouveau fut affermé, moyennant le paiement à l'État d'une redevance déterminée. Colbert maintint ce système. Les revenus de la Poste sont inscrits avec les gabelles, au titre des Fermes, dans le mémorable budget qu'il présenta au Roi en 1662.

On comprend que, pendant cette période qui s'étend sur les XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, la Poste, exploitée en commun par des fermiers qui ne songeaient qu'à s'enrichir et par un gouvernement dont les besoins financiers étaient insatiables, ait été considérée bien plus au point de vue des revenus qu'elle pouvait produire qu'à celui des services qu'elle devait rendre aux particuliers.

Le souci dominant, exclusif même, des dirigeants de la Poste, était alors d'augmenter le chiffre des recettes et de n'engager des dépenses que dans la mesure indispensable pour ne pas laisser périr l'instrument producteur de ces recettes.

Au moment de la disparition de la ferme des Postes en 1791, le bilan de celle-ci se présentait de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Recettes..... | 17 millions environ |
| Dépenses, y compris la part des fermiers.... | 5 millions environ |
| Bénéfice pour le Trésor..... | 12 millions |

Les recettes et les dépenses étaient ainsi dans le rapport de 3,4 à 1.

* * *

En 1804, l'Administration des Postes fut érigée en Direction générale relevant du Ministère des Finances. Dans les condi-

Digitized by Google

tions de cette organisation nouvelle, les bénéfices de l'exploitation de la Poste ne furent plus aussi brillants qu'ils l'avaient été sous le régime des fermes. En 1830, le rapport des recettes aux dépenses était encore cependant de 1,88 (recettes 31 millions, dépenses 16.470.000 francs).

Mais l'esprit de fiscalité qui affectait si gravement cette exploitation au temps des fermiers généraux n'avait pas disparu avec ceux-ci; il s'était conservé intact à l'Administration des Finances de cette époque. On trouve, dans un rapport dressé en 1830 par le Comte de Chabrol, la preuve du souci persistant qu'avait cette Administration de réduire le plus possible les dépenses de la régie des Postes. M. le Comte de Chabrol notait en effet, avec satisfaction, que, de 1816 à 1830, les recettes de cette régie avaient augmenté dans la mesure de 63 °/₀, tandis que les dépenses s'étaient accrues pendant le même temps de 41 °/₀ seulement, et il s'excusait d'ailleurs de ce que ce dernier chiffre fût aussi élevé !

L'Administration des Finances impériales, quand elle reçut à son tour le dépôt précieux des traditions et des règles auxquelles on devait d'aussi heureux résultats, continua sans hésiter à faire application des méthodes qui caractérisaient le système. Puisque la Poste était un impôt, force était naturellement de lui appliquer avec exactitude les règles nécessaires qui président à la perception des contributions à l'impôt, quelles qu'elles soient : rigidité dans la fixation des taxes, stricte économie dans les frais de perception.

*
* *

Cependant, l'extrême parcimonie dans les dépenses, si commode pour faciliter l'équilibre des budgets, ne pouvait se concilier avec les besoins d'amélioration d'une époque dont l'activité économique devenait chaque jour plus intense.

M. Vandal, Directeur général des Postes, qui avait mesuré toute l'étendue du mal d'indigence dont souffrait son Administration, crut devoir, en 1866, dans un Mémoire qui reçut une

Digitized by Google

large publicité, signaler au gouvernement d'alors la situation lamentable dans laquelle se trouvaient ses services du fait de la conception erronée qu'on avait toujours eue du rôle de la Poste.

Dans l'exposé qu'il présentait au Ministre des Finances, M. Vandal montrait l'urgente nécessité de chercher seulement dans le développement des moyens d'action du service des Postes la solution des embarras que le passé avait légués au présent.

Il insistait longuement sur la situation d'infériorité dans laquelle allaient nous placer, vis-à-vis des Offices voisins, l'insuffisance du nombre de nos bureaux, la lenteur des distributions, la mauvaise condition des locaux, malsains, obscurs, exigus et mal appropriés aux besoins de leur destination, le vice très prononcé des installations matérielles, la détresse du service rural, la faiblesse des effectifs qu'on avait augmentés de 9 % seulement pendant que le travail s'accroissait d'un tiers, enfin l'insuffisance des traitements et salaires qui compromettait gravement le recrutement du personnel à tous les degrés.

M. Vandal terminait en indiquant les changements profonds qui, d'après lui, devaient se produire dans les idées et dans les faits pour que la Poste cessât d'être un instrument de fiscalité et qu'elle devînt l'organe d'activité économique que réclamaient les besoins du pays :

« La Poste est un monopole, elle a pour mission de servir les intérêts du pays dans une mesure qui n'a d'autre limite que la limite de ces intérêts; c'est dans ce sens qu'elle est entendue par tous les pays du monde. En outre, la Poste est une exploitation bienfaisante et l'administrer à un point de vue fiscal, c'est déroger à l'esprit de son institution.

« Je crois pouvoir affirmer que si le Gouvernement consentait à renoncer, pendant deux ou trois ans, à l'accroissement de produits annuellement réalisés par les recettes de la Poste et s'il appliquait ces excédents à l'amélioration ou plutôt à la régénération du service des Postes, il aurait préparé à l'avenir un accroissement certain de recettes, attendu qu'il est de notoriété

Digitized by Google

que chaque facilité nouvelle donnée au public est pour lui une excitation à en user. »

Les avertissements et les conseils de M. Vandal furent malheureusement presque sans effet. Une fois encore les traditions et les règles du passé furent les plus fortes. Dix ans plus tard, le dernier Directeur général des Postes constatait avec mélancolie que peu de choses avaient changé depuis que son courageux et clairvoyant prédécesseur avait montré le danger des errements imposés à la Régie des Postes. Il se « navrait » en particulier de ce que, au cours de ces dix années, le travail avait augmenté d'un tiers et les moyens d'un septième seulement. Pendant huit exercices consécutifs notamment, le budget des dépenses pour le personnel et le matériel postal était resté au même chiffre, avec tendance à diminuer pour la dernière année !

*
* *

On ne pouvait cependant arrêter indéfiniment le mouvement d'idées, défavorables à la gestion fiscale, qui trouvaient leur cause et leur aliment, non seulement dans la dure expérience du passé et dans le mécontentement toujours plus vif du public des affaires, mais encore dans l'exemple des Offices étrangers. Malgré toutes les hésitations, malgré la force de résistance d'habitudes très anciennes, les principes proclamés par M. Vandal parvinrent à s'imposer.

Le 5 janvier 1889, le Gouvernement décidait que la Poste cesserait d'être une régie financière pour devenir l'un des services du Ministère du Commerce et de l'Industrie.

Certaines considérations de l'exposé des motifs par lequel le Ministre des Finances et celui du Commerce préconisaient d'un commun accord ce changement d'organisation sont à retenir, car ils soulignent à la fois, et l'évolution qui s'était faite dans les esprits, et une certaine persistance des conceptions qui pendant des siècles avaient inspiré la gestion de la Poste :

« Sans oublier que l'exploitation postale et télégraphique fournit au budget des ressources considérables auxquelles il ne

Digitized by Google

saurait être question de renoncer, *on peut se demander* si l'intérêt commercial et industriel n'y doit pas tenir une aussi large place que le point de vue plus spécialement fiscal. Le rattachement de ces services au Ministère du Commerce et de l'Industrie marquerait toute l'importance que le Gouvernement de la République attache à ces considérations élevées, et que, dans sa pensée, la mise en œuvre de rouages aussi essentiels au développement économique du pays ne saurait être envisagée uniquement comme une source de revenus pour le Trésor ».

Cet acte gouvernemental marquait le départ de temps nouveaux où l'industrie des transports dont l'Administration a la charge pourrait prendre tout son essor.

La Poste n'était plus rangée parmi les services chargés de la perception de l'impôt « où le point de vue spécialement fiscal tient toute la place ». Avec son rattachement au Ministère du Commerce, elle recevait comme mission précise et essentielle d'être avant tout l'auxiliaire vigilant et avisé de l'activité commerciale et industrielle du pays.

*
* *

Au moment de s'engager dans la voie nouvelle qui lui était ainsi tracée, le premier devoir de l'Administration était logiquement de rechercher et de dire si les moyens d'action dont elle disposait se trouvaient à la hauteur de la mission que lui assignait la volonté du Gouvernement.

Le meilleur emploi qu'elle pouvait faire de son autonomie nouvellement acquise était en effet, semble-t-il, d'exposer comment elle entendait rénover et gérer désormais les services dont le sort lui était confié.

Donc, dès l'année 1889, l'Administration aurait dû, à notre avis :

1° Faire un inventaire de tout ce qui manquait alors aux services de la Poste afin que, tout d'abord, ils se trouvassent en état d'accomplir normalement et à la satisfaction du public la tâche journalière qui était la leur à ce moment.

Digitized by Google

2° Dresser le programme général, détaillé et chiffré de tous les besoins en effectifs, en locaux, en outillage, à envisager immédiatement et successivement au cours d'une période déterminée, de dix années, par exemple, pour faire face à la tâche qui allait incomber à ces services.

3° Rechercher et proposer à l'agrément du Parlement les moyens financiers spéciaux à mettre en œuvre pour assurer la complète et méthodique exécution de ce programme.

4° Enfin, refondre et transformer radicalement sa réglementation et ses tarifs pour en éliminer des prescriptions et des formules surannées.

C'est ainsi, sans aucun doute, qu'aurait agi un commerçant, un industriel animé de l'esprit d'entreprise et soucieux de mesurer les responsabilités qu'il allait assumer en prenant la suite d'une affaire aussi importante que celle des transports postaux, avec la double obligation de la mettre au moins au pair des exploitations du même genre fonctionnant à l'étranger et de la conduire désormais en vue des résultats nettement définis par la décision du 5 janvier 1889.

Mais l'esprit d'entreprise est très différent de celui qui, de tout temps, on l'a vu, avait présidé en France à la gestion de cette affaire.

Pour que l'esprit d'entreprise inspirât seul l'Administration à partir du jour où elle n'était plus régie financière, il aurait fallu qu'elle trouvât en elle-même la force de profiter des avantages et des facilités que son émancipation relative lui concédait. Il aurait fallu qu'elle s'appliquât tout de suite à aborder sans hésitation et sans un souci excessif d'économie, les problèmes multiples que posait la situation précaire de ses services; il aurait fallu qu'elle pût être assurée que dans tous les milieux de son personnel, parmi les dirigeants et parmi les opérateurs, on était fermement décidé à observer en toute circonstance les principes dont le régime nouveau autorisait et commandait même la mise en pratique.

Peut-être estima-t-elle que ces éléments de succès et de réalisation lui manquaient ?

Digitized by Google

Toujours est-il que le travail préliminaire qui devait assurer la rénovation immédiate et la libre expansion future des services ne paraît pas avoir été entrepris. La Poste laissa passer l'occasion qui lui était offerte de s'affranchir, une fois pour toutes, de la tutelle dans laquelle elle avait toujours été tenue au point de vue financier, tutelle qui était la cause de tous ses maux, ainsi que M. Vandal l'avait formellement démontré dès l'année 1866.

Au lendemain de 1889, et pendant plusieurs années à la suite, continuant d'obéir aux suggestions de l'esprit fiscal qui l'avait de tout temps dominée et dont, à la longue, il s'était lui-même pénétré, le Service postal accepta de s'acheminer vers l'avenir, comme il l'avait toujours fait, à coups d'extensions successives de ses moyens ordinaires. Encore ces extensions étaient-elles le plus souvent insuffisantes et tardives.

Alors que, dans l'outillage mis en œuvre par les grandes entreprises de transport, tout se transformait au dehors avec une extrême rapidité, alors que les meilleurs clients de la Poste, les maisons de commerce, d'industrie et de banque n'hésitaient pas à consacrer des capitaux fort importants au large développement de leurs affaires, la Poste, soucieuse avant tout, et par tradition, de faciliter l'établissement des budgets annuels, consentait à s'interdire tout projet qui n'aurait pu tenir à l'aise dans le cadre étroit de ses prévisions budgétaires habituelles.

Ceci peut expliquer, en grande partie, pourquoi il reste encore tant de choses à faire, afin que l'organisation et le fonctionnement de la Poste répondent complètement aux intentions exprimées par le Gouvernement lorsqu'il rattacha l'Administration des P. T. T. aux services du Ministère du Commerce.

C'est évidemment par la stricte application de méthodes financières entièrement différentes, non inspirées par l'esprit fiscal, et telles que celles préconisées par le *Programme de Réorganisation des P. T. T.*, qu'il sera possible d'assurer à ces intentions leur réalisation complète.

Digitized by Google

# LES RELAIS TÉLÉPHONIQUES
## EMPLOYÉS PAR L'ADMINISTRATION FRANÇAISE.

On désigne sous le nom de *relais téléphonique* tout appareil destiné à amplifier les courants de conversation sur une ligne téléphonique.

On peut presque dire que le mot exista bien avant la chose, car, aussi longtemps que l'on ne connut que les relais *mécaniques*, composés d'un récepteur téléphonique actionnant un microphone, le relais téléphonique était pratiquement inexistant.

Ce n'est que depuis l'invention des *tubes à vide* à trois électrodes que l'amplification des courants téléphoniques est devenue commercialement possible.

Le fonctionnement des lampes à trois électrodes est aujourd'hui trop connu pour qu'il soit nécessaire de le rappeler ici. On pourra se reporter à un article d'un des derniers numéros des *Annales* consacré aux relais téléphoniques américains (1).

Un relais téléphonique comprend essentiellement: d'une part, une ou plusieurs de ces lampes convenablement utilisées et constituant l'*amplificateur*, et d'autre part un certain nombre d'organes accessoires destinés à réaliser la réversibilité du système, c'est-à-dire à permettre que des conversations soient échangées simultanément dans les deux sens sur la ligne considérée.

Après des essais effectués avec un plein succès au début de l'année dernière entre Paris et Marseille (2), l'administration française a mis en service un certain nombre de relais qui donnent entière satisfaction sur toutes les lignes où ils sont employés.

Nous allons décrire ci-dessous leur montage.

(1) *Annales des postes, télégraphes et téléphones*, 1917, p. 598 et suivantes.
(2) *Annales des postes, télégraphes et téléphones*, 1917, p. 257.

Digitized by Google

*
* *

*Amplificateur.* — Les lampes à trois électrodes utilisées avec cet appareil ont été établies par les Services techniques de la radiotélégraphie militaire.

L'amplificateur comporte deux étages d'amplification, c'est-à-dire qu'il comporte deux lampes montées *en série* comme l'indique la figure 1.

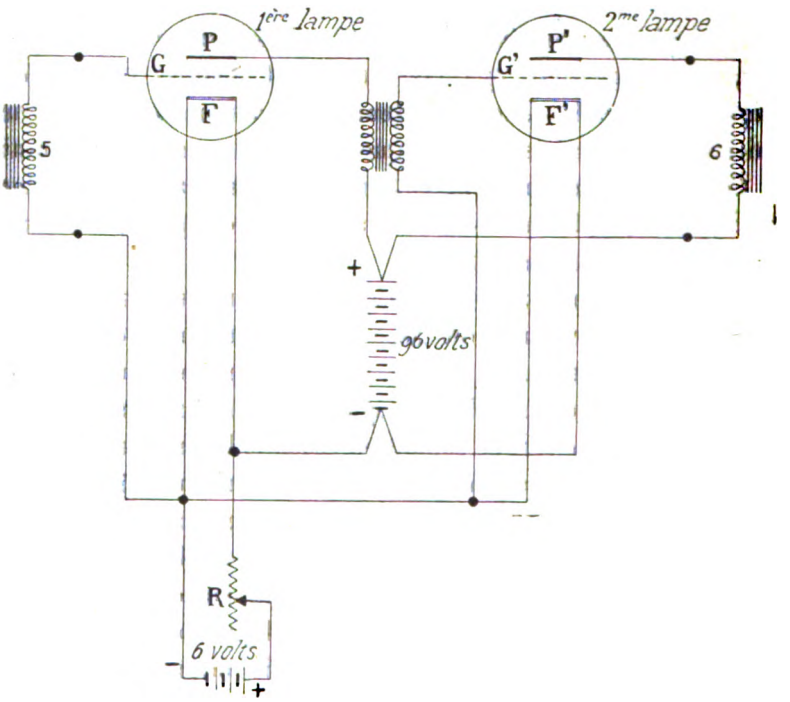



Fig. 1

Les deux plaques P et P′ sont portées à un potentiel positif de 96 volts par une batterie d'accumulateurs. Sur une très bonne ligne bien isolée, on peut obtenir la même amplification avec une batterie de 48 volts.

Les filaments sont chauffés par une batterie d'accumulateurs

Digitized by Google

de 6 volts ; ce chauffage s'effectue à travers un rhéostat R, qu'on règle de manière à obtenir environ 4 volts entre les extrémités du filament. Trois accumulateurs sont nécessaires pour avoir constamment 4 volts (1).

Enfin les deux grilles sont reliées au pôle négatif de cette batterie de chauffage.

*Montage du relais.* — On installe l'amplificateur en ligne, c'est-à-dire en un point intermédiaire entre les deux postes extrêmes et voisin du milieu de la ligne téléphonique considérée. Le montage adopté est celui que représente la figure 2.

Les enroulements 1, 2, 3, 4 et 5 constituent un même transformateur. Les courants de conversation pénètrent dans l'amplificateur par l'enroulement 5 et en sortent, après amplification, par l'enroulement 6 ; ils gagnent la ligne par l'enroulement 7.

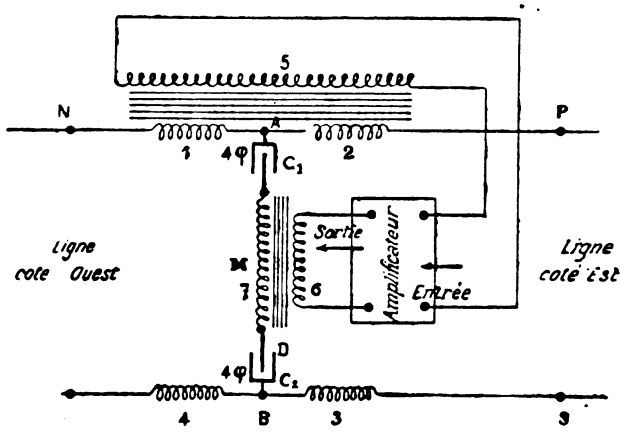



Fig. 2

Les condensateurs $C_1$ et $C_2$, de 4 microfarads, empêchent que les courants de signalisation (courants continus ou courants alternatifs à basse fréquence) ne soient affaiblis par la présence de

(1) On verra plus loin (p. 408 et fig. 4) qu'un enroulement d'annonciateur est intercalé sur ce circuit : il en résulte une légère chute de tension supplémentaire.

Digitized by Google

l'enroulement 7 en dérivation sur la ligne. Le transformateur 1-2-3-4-5 offre à ces courants une impédance d'environ 300 ohms pour 25 périodes.

Si l'on combine avec une autre la ligne téléphonique considérée, les enroulements 1, 2, 3 et 4 sont parcourus en parallèle ; dans ces conditions, ils offrent une impédance de 9 à 10 ohms seulement ; aussi peut-on, sans causer pratiquement de déséquilibre, munir de relais une seule des deux lignes téléphoniques bifilaires entrant dans une combinaison.

*Allumage et extinction des lampes.* — L'une quelconque des deux opératrices extrêmes allume ou éteint les lampes à vide, à l'aide d'un courant de signalisation prolongé au delà de la durée normale des courants d'appel et de fin, et cela à l'aide du dispositif suivant.

Entre A et B (fig. 2) est branché en dérivation un électro-aimant de fin de conversation ; cet électro-aimant F (fig. 3) présente une forte impédance pour les courants de conversation ($500^{O}$ ; $1^{H}$, 5). Son armature, lorsqu'elle est attirée, ferme un circuit comprenant la batterie de 96 volts ; le courant de cette batterie circule alors dans un électro-aimant R dont l'action sur son armature est retardée par un dash-pot, sorte de petit frein à glycérine. Le ressort T se met lentement en marche vers le haut de la figure, et ferme successivement les contacts 1 et 2 : le premier après le temps nécessaire pour compter lentement jusqu'à 5, et le second après le temps nécessaire pour compter lentement jusqu'à 20.

Le rôle du contact 2 sera indiqué plus loin (1).

Lorsque le ressort T vient fermer le contact 1, le courant de la batterie de 96 volts passe dans l'enroulement d'un électro-aimant dont l'armature actionne une came C ; cette came joue le même rôle que la came d'un commutateur à poire pour installation d'éclairage électrique : elle allume les deux lampes du relais

1. P. 408 : Appel de la station de relais.

Digitized by Google

lorsque celles-ci sont éteintes, et les éteint lorsqu'elles sont allumées.

Le matin, la première téléphoniste qui a besoin d'utiliser la ligne appelle sa correspondante en lui envoyant un courant d'une durée égale au temps qu'il faut pour compter lentement jusqu'à 5 : cette manœuvre allume les lampes à vide et appelle l'opératrice du poste extrême.

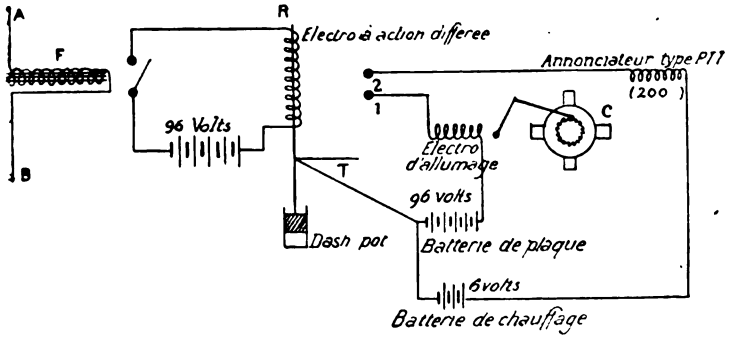



Fig. 3

Puis, pendant tout le temps que dure le trafic, les appels et les signaux de fin doivent être normaux, c'est-à-dire brefs ; la tige T ne se déplace alors jamais assez pour venir toucher le contact 1, ni *a fortiori* le contact 2 : les lampes du relais restent allumées.

Lorsqu'aucune des deux téléphonistes n'a plus de demandes de communication en instance, l'une d'elles éteint les lampes en effectuant la même manœuvre qui a servi à les allumer.

*Contrôle de l'extinction des lampes.* — Il est nécessaire que l'opératrice sache si elle a bien éteint les lampes, c'est-à-dire si elle a envoyé un courant assez prolongé. Elle en est avertie par le son produit par un petit vibrateur, qui fonctionne sous une différence de potentiel de 6 volts (batterie de chauffage).

Elle entend encore le même vibrateur si, à l'allumage, elle a envoyé un courant trop bref. D'ailleurs, dans ce cas, la faiblesse

Digitized by Google

de l'audition suffit à lui indiquer que l'allumage ne s'est pas produit.

*Appel de la station de relais.* — L'un quelconque des deux bureaux extrêmes peut appeler le poste intermédiaire où est installé le relais, en envoyant un courant d'appel d'une durée égale au temps qu'il faut pour compter jusqu'à 20.

Le ressort T vient alors fermer le contact 2, ce qui a pour effet d'envoyer le courant de la batterie de chauffage de 6 volts dans un annonciateur ordinaire de 200 ohms.

*Avertissement automatique de la station de relais lorsqu'une lampe est hors d'usage.* — Sur un annonciateur polarisé du type administratif (modèle Denys), dont l'enroulement normal est l'enroulement E (fig. 4), on ajoute un enroulement E' de peu de spires. Les enroulements sont connectés de telle façon que, lorsque

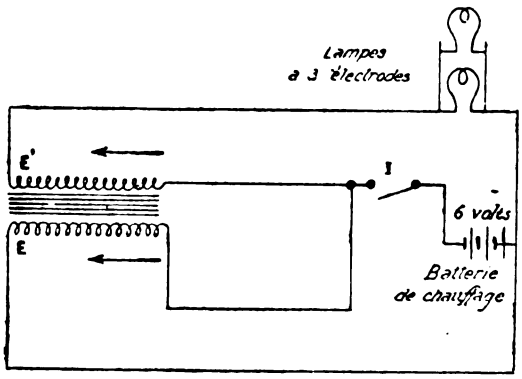



Fig. 4.

les deux lampes sont allumées, les effets magnétisants des deux enroulements se neutralisent.

Lorsqu'une lampe ou toutes les deux viennent à ne plus fonctionner, l'enroulement E produit un effet prépondérant, et l'annonciateur fonctionne.

Il est indispensable de se servir d'un annonciateur polarisé. En

Digitized by Google

effet, au moment de l'allumage, alors que les filaments sont encore froids et qu'ils sont par suite beaucoup moins résistants qu'en régime normal, le courant pris par les lampes est très intense; si donc l'annonciateur n'était pas polarisé, il fonctionnerait à ce moment par excès de courant dans l'enroulement E'. Avec un annonciateur polarisé orienté convenablement, cet excès de courant dans E' est sans effet sur l'armature.

*Surveillance du relais par la station où il est installé.* — Par l'abaissement d'une clé, le poste intermédiaire peut instantanément brancher en dérivation un poste téléphonique ordinaire entre M et D (fig. 2). Il peut ainsi non seulement surveiller le fonctionnement du relais, mais encore intervenir dans la conversation, car ce poste ainsi branché jouit des deux propriétés suivantes : son écouteur reçoit les courants amplifiés par le relais, tandis que les courants émis par son microphone sont envoyés sans amplification sur les deux sections de la ligne.

Un dispositif très simple de commutation permet au poste intermédiaire de mettre le relais hors circuit et de relier directement les deux sections de la ligne. Le poste téléphonique dont il vient d'être parlé peut alors, par une autre manœuvre de la clé dont il est muni, être branché sur la ligne directe.

*Résistance de compensation.* — Deux résistances variables, dites de compensation, sont disposées, la première en dérivation entre N et P (fig. 2), la seconde en dérivation entre Q et S, pour atténuer les effets de déséquilibre d'impédance entre la 1re et la 2e section de la ligne.

Elles agissent de la façon suivante. Si les impédances des deux sections de la ligne sont égales, N et P d'une part, Q et S d'autre part, sont au même potentiel, et aucun courant provenant de l'amplificateur ne traverse les résistances de compensation. Mais, lorsque les impédances des deux sections deviennent inégales, une partie du courant amplifié passe dans les résistances de compensation, qui, en diminuant ainsi l'amplification, empêchent l'auto-excitation du relais.

Digitized by Google

*Signalisation.* — Les courants de signalisation traversent les enroulements du relais sans grand affaiblissement : dans presque tous les cas, ils parviennent au bureau extrême avec une intensité suffisante.

Lorsque les appels arrivent trop faibles, on installe au poste de relais un *retransmetteur d'appels*, analogue à un translateur télégraphique. Les quatre fils sont alors coupés par des capacités de 4 microfarads à l'entrée du relais, et quatre électro-aimants du type téléphonique assurent la retransmission des appels. Le courant nécessaire est fourni par la machine d'appel du bureau intermédiaire.

Les appareils qui viennent d'être décrits ont été établis par M. Marius Latour.

Le Service d'études et de recherches techniques de l'Administration a déterminé les conditions à remplir et effectué les essais en ligne.

Quelques perfectionnements de détails seront apportés dans les modèles ultérieurs ; ils seront décrits lorsqu'ils auront reçu la sanction de l'expérience.

Digitized by Google

# Efficacité des dicordes d'intercommunication au point de vue de la transmission téléphonique

par Walter C. FREEMAN (1)

Pendant ces quelques dernières années il a beaucoup été question de transmission téléphonique et des moyens à employer pour améliorer les propriétés électriques des circuits afin que le public puisse téléphoner aux plus grandes distances avec la même facilité que lorsqu'il conversait à petite distance avant la construction des très longues lignes interurbaines.

La question de l'efficacité de la transmission est une de celles qui intéressent toutes les compagnies téléphoniques, grandes ou petites, car elle a une influence directe sur les bénéfices. En effet, si un abonné fait un appel interurbain et que, pour une raison ou pour une autre, il ne puisse entendre distinctement ou qu'il ait de la difficulté à transmettre le message à son correspondant éloigné, sa confiance dans le pouvoir de la Compagnie téléphonique de lui procurer des communications à longue distance sera diminuée et dans la suite, il ne fera de tels appels que lorsqu'il n'aura pas le choix d'un autre moyen de communication rapide. Par contre, si les conversations sur les lignes à longue distance peuvent s'échanger avec la même facilité et la même clarté que les conversations locales, leur usage grandira et le trafic qui en résultera produira un revenu proportionnellement plus élevé.

A notre époque de progrès rapide, le public demande un service téléphonique perfectionné tout comme il réclame des moyens de transport rapides de ville à ville, de cité à cité. Dans cet

(1) *Telephone-Engineer*, avril 1918, vol. XIX, n° 4.



Digitized by Google

ordre d'idées nous pouvons comparer la compagnie téléphonique à la compagnie de chemins de fer. Quand les compagnies de chemins de fer augmentèrent la vitesse des trains et le poids du matériel roulant, elles durent ballaster de nouveau la voie, éliminer les rampes rapides, consolider ou reconstruire les ponts. De même, les compagnies téléphoniques doivent procurer une plus grande efficacité de transmission à la fois pour le service local et le service à grande distance, non seulement en améliorant la construction et l'entretien des lignes, mais aussi par l'emploi d'appareils téléphoniques d'une qualité éprouvée et par l'élimination ou la diminution des pertes de transmission dans l'équipement de leurs bureaux centraux.

Les cordons d'intercommunication des tableaux téléphoniques à batterie locale sont des sources fréquentes de pertes de transmission. Ces pertes sont rarement prises en considération par les petites compagnies à cause de leur confiance dans la qualité de l'équipement que leur fournit le constructeur. D'ailleurs, même lorsqu'elles soupçonnent des pertes dans le meuble, elles n'ont aucun moyen de vérifier si leur soupçon est bien fondé par suite du manque de matériel d'essais convenable avec lequel elles pourraient déterminer la valeur de ces pertes et localiser les dérangements.

Dans cet article, je vais examiner quelques types de dicordes d'un usage courant et je comparerai leurs rendements au point de vue de la transmission téléphonique et leurs caractéristiques de fonctionnement. Pour commencer, passons en revue les propriétés que doit posséder un dicorde de tableau à batterie locale. Selon moi, le cordon idéal devrait :

1° Posséder le plus grand rendement de transmission possible ;

2° Il ne devrait pas laisser passer les appels, c'est-à-dire que le signal de fin donné par l'un des abonnés raccordés au moyen du dicorde ne devrait pas actionner la sonnerie placée sur la ligne de l'autre abonné ;

3° Le signal de fin devrait se faire d'une façon satisfaisante dans tous les cas possibles ; le ou les annonciateurs de fin devraient

Digitized by Google

fonctionner chaque fois que l'un des abonnés raccordé sonne pour que l'on coupe la communication ;

4° Il devrait comporter deux annonciateurs de fin séparés, de façon à donner une double supervision pendant les communications locales.

Revenant un moment à l'efficacité de transmission en général, nous ne devons pas oublier que l'addition d'appareils en série ou en dérivation raccordés au circuit entraîne une perte de transmission. Dans le cas d'appareils reliés en série, les pertes sont grandes quand l'impédance de ces appareils est élevée et petites quand cette impédance est basse. L'inverse se produit avec les appareils en dérivation ; lorsque leur impédance est élevée, la perte est petite et lorsque leur impédance est basse, la perte est grande.

Il y a d'autres facteurs qui doivent être pris en considération lorsqu'on étudie soigneusement la transmission sur les circuits, mais les deux facteurs que nous venons de mentionner nous suffiront pour examiner quelques types de dicordes et nous permettre de discerner ceux qu'il faut employer et ceux qu'il faut éviter.

Le schéma A représente ce que l'on appelle généralement « un cordon avec annonciateur unique en dérivation » ; il a été beaucoup plus employé qu'aucun autre à cause de son grand rendement de transmission, de son prix peu élevé et de son extrême simplicité.

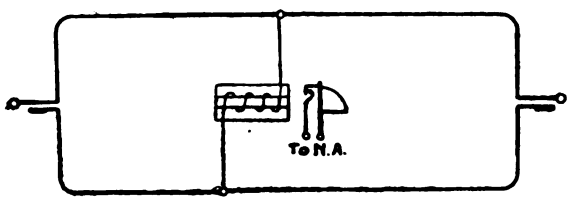



Schéma A

Des essais faits dans notre laboratoire montrent que ce dicorde a un équivalent de transmission d'environ 0,25 mille (402 mètres) de câble étalon lorsqu'on emploie un annonciateur de fin ayant une résistance de 500 ohms et de 0,15 mille (241 mètres) de

Digitized by Google

câble étalon lorsqu'on emploie un annonciateur de fin ayant une résistance de 1.000 ohms. La plus grande perte de transmission dans le cas de l'annonciateur de 500 ohms est due à ce que son impédance est considérablement moindre que celle de l'annonciateur de 1.000 ohms.

Ce schéma présente plusieurs inconvénients sérieux. D'abord il ne donne pas à la téléphoniste un signal de fin satisfaisant dans toutes les conditions possibles de fonctionnement; en particulier quand une longue ligne rurale est raccordée à une ligne locale courte au moyen de ce cordon, l'annonciateur de fin est shunté par la faible résistance de la ligne locale. Quelques compagnies, pour essayer d'obvier à cet inconvénient, emploient des annonciateurs de fin qui ont une très faible résistance, mais cet usage n'est pas recommandé parce que n'importe quelle amélioration dans le fonctionnement de l'annonciateur réalisée ainsi implique un sacrifice au point de vue du rendement de transmission du dicorde, à cause de la présence d'une faible impédance en dérivation sur le circuit.

La seconde objection est que lorsque l'un des deux abonnés momentanément raccordés par un tel dicorde sonne après avoir terminé sa conversation, le signal de fin peut traverser le dicorde sans actionner l'annonciateur de fin et produire de faux signaux sur la ligne de l'autre abonné.

La troisième objection est que puisqu'il n'y a qu'un seul annonciateur de fin, la téléphoniste ne peut pas dire si un ou les deux abonnés reliés ont sonné pour la coupure. Afin de s'assurer si la conversation est terminée, la téléphoniste doit se porter en ligne et dire : « Opératrice » avant de couper. Cette manœuvre est gênante au point de vue de l'exploitation, surtout aux heures de fort trafic.

Le schéma B représente un dicorde dont l'usage a été assez répandu dans les compagnies rurales, surtout dans celles qui exploitent des réseaux composés à la fois de lignes unifilaires et de lignes bifilaires sans terre. Il dérive du schéma A par l'adjonction d'un transformateur et d'un condensateur. Quelquefois le transformateur est monté d'une façon permanente sur le

Digitized by Google

dicorde, tandis que d'autres fois une clé permet à la téléphoniste de mettre le transformateur hors circuit lorsqu'il n'est pas nécessaire, comme par exemple lorsque les lignes à relier sont bifilaires et silencieuses.

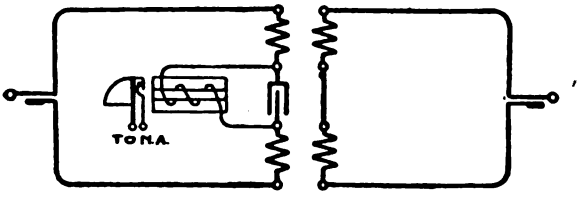



Schéma B

Ce dicorde est pourvu d'un transformateur pour courants téléphoniques, c'est-à-dire d'un transformateur dans lequel les enroulements et le circuit magnétique ont été étudiés en vue d'obtenir un grand rendement aux fréquences du courant de conversation. L'équivalent de transmission de ce type de dicorde varie de 0,8 mille (1287 m. 45) de câble étalon avec un transformateur et un annonciateur bien conçus, à 5 ou 6 milles (8046 m. 55 ou 9655 m. 85) de câble étalon avec des organes médiocres. Certains constructeurs ont l'habitude de supprimer le condensateur placé du côté de l'annonciateur de fin. Dans ces conditions le dicorde est inefficace au point de vue de l'enregistrement du signal de fin. Un essai fait récemment dans notre laboratoire donna quelques précisions sur les valeurs relatives des deux montages au point de vue des signaux de fin. Nous avons d'abord placé un condensateur de 2 mf dans le dicorde, conformément au schéma B, et nous avons raccordé un système d'appel téléphonique d'une résistance de 80 ohms au dicorde du côté de l'annonciateur de fin. Nous pûmes ainsi sonner à partir de l'autre extrémité à travers une résistance de 18.000 ohms. En enlevant le condensateur, nous ne pûmes sonner qu'à travers 2.500 ohms. Ceci montre combien il est important d'insister pour avoir des condensateurs montés dans le circuit des cordons à transformateur comme l'indique le schéma B si l'on veut obtenir de bons signaux de fin.

Le schéma B est mauvais au point de vue de l'exploitation

Digitized by Google

parce qu'il ne comporte pas les deux annonciateurs de fin nécessaires pour la double supervision.

Il n'empêche pas complètement les signaux d'appel de passer d'une ligne à l'autre mais il est moins sujet aux troubles de sonnerie que le schéma A à annonciateur unique en dérivation parce que le transformateur a un mauvais rendement pour les courants de sonnerie à basse fréquence.

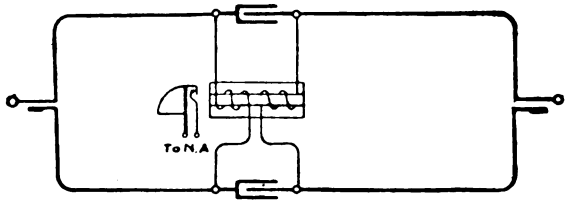



Schéma C

Dans le schéma C, qui est heureusement rarement employé, il n'y a qu'un seul annonciateur de fin muni de deux enroulements séparés. Les extrémités de ces enroulements sont reliées aux moitiés opposées du dicorde qui sont séparées par des condensateurs. La capacité des condensateurs employés dans ce montage est généralement 1/2 microfarad ; leur rôle est de faire obstacle au courant de sonnerie et de le forcer à traverser les enroulements de l'annonciateur de fin.

Ce schéma fut évidemment réalisé par un constructeur qui désirait un montage assurant à peu de frais un enregistrement certain des signaux de fin, sans se soucier des autres qualités. Son rendement de transmission est médiocre ; son équivalent de transmission varie de 5 à 8 milles (8046 m. 55 à 12.874 m. 50) de câble étalon selon l'impédance des enroulements qui doit nécessairement être maintenue très basse si l'on veut un signal de fin très net.

Ce dicorde laisse tout de même passer les appels parce que l'annonciateur de fin, avec ses deux enroulements montés sur un même noyau, se comporte comme un transformateur à l'égard des courants de sonnerie.

Digitized by Google

Il est inutile de dire que l'emploi d'un tel schéma n'est pas à recommander si on désire une grande efficacité de transmission.

Le schéma D représente un autre type de dicorde pourvu d'un seul annonciateur de fin et étudié en vue d'une meilleure signalisation.

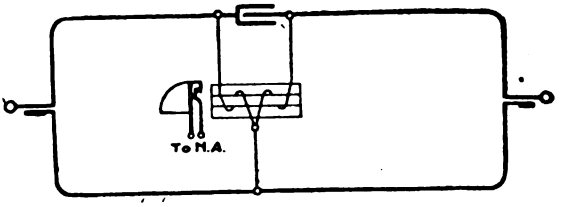



Schéma D.

Il comporte, comme le schéma C, un annonciateur à double enroulement, mais il n'exige qu'un seul condensateur.

Comme dans le schéma C le condensateur a pour but d'empêcher le passage du courant de sonnerie et de le forcer à traverser l'un ou l'autre des deux enroulements de l'annonciateur de fin.

Ce schéma convient bien aux signaux de fin, mais les dicordes de ce genre ont un mauvais rendement de transmission, et leur équivalent variant de 4 à 6 milles (7.436 m. 25 à 9.555 m. 85) de câble étalon, selon l'impédance de l'annonciateur. Ils ne sont pas un obstacle infranchissable pour le passage des courants de sonnerie d'une ligne à l'autre à cause de l'action transformatrice de l'annonciateur à deux enroulements.

Une autre objection qui n'est pas négligeable est le manque de symétrie résultant de la présence d'un condensateur sur un fil du dicorde seulement. Le déséquilibre électrique ainsi créé n'est pas très gênant dans le cas des communications locales, mais il peut l'être dans le cas des communications à longue distance, surtout lorsque les lignes interurbaines raccordées au moyen de ce dicorde sont sujettes à l'induction de lignes d'énergie à haute tension.

Le schéma E fournit une double supervision des communication au moyen de deux annonciateurs de fin séparés, ces annon-

Digitized by Google

ciateurs étant branchés de part et d'autre des condensateurs placés au milieu des deux fils du dicorde.

Ce dicorde est avantageux en ce qui concerne la signalisation car les deux côtés sont bien séparés à ce point de vue : aucun

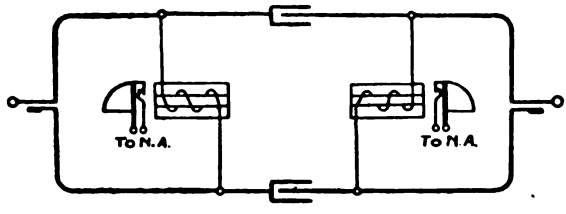



Schéma E.

effet de transformateur ne peut se produire entre les deux annonciateurs de fin et, d'autre part, les condensateurs à faible capacité présentent une grande résistance apparente pour les courants de sonnerie.

Enfin ce schéma est symétrique et le dicorde est électriquement équilibré.

Cependant ce schéma a des inconvénients plus grands que ses avantages à cause des pertes de transmission relativement élevées que causent l'annonciateur supplémentaire et les deux condensateurs en série. L'équivalent de transmission de ce dicorde, exprimé en milles de câble étalon, varie de 5 à 10 milles (8.046 m. 55 à 16.093 m. 15) selon le type d'équipement employé. En un mot, les avantages de fonctionnement ne sont obtenus qu'en sacrifiant considérablement l'efficacité de la transmission.

Le schéma F montre les éléments d'un cordon à transformateur qui, à ma connaissance, n'a pas été d'un emploi très étendu.

Il comprend un transformateur pour courants de conversation, deux condensateurs ayant chacun une capacité de 2 mf. et un seul annonciateur de fin à deux enroulements séparés pouvant être actionné par l'un ou l'autre des postes extrêmes.

L'équivalent de transmission de ce dicorde varie de 2 à 6 milles (3218 m. 60 à 9.655 m. 85) de câble étalon selon les transformateurs et annonciateurs de fin employés.

Digitized by Google

Ce dicorde donne des signaux de fin satisfaisants mais il peut laisser passer les courants de sonnerie d'un circuit à l'autre à cause du rôle de transformateur que l'annonciateur de fin à double enroulements joue à l'égard de ces courants de sonnerie, surtout lorsque le dicorde relie une ligne courte à une longue.

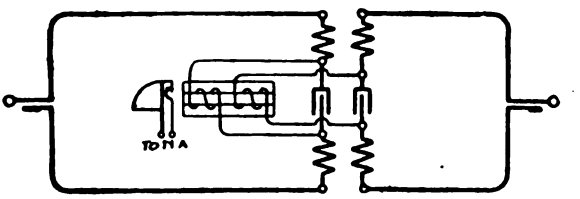



Schéma F

Le rapide examen que nous venons de faire montre qu'aucun des dicordes précédents ne remplit toutes les conditions requises. Les schémas qui correspondent à la plus grande efficacité de transmission ne conviennent malheureusement pas au point de vue de la signalisation et réciproquement ceux qui conviennent à ce point de vue ont des rendements de transmission faibles.

Selon moi, le schéma qui posséderait toutes les qualités que nous recherchons est le schéma G avec double annonciateur de fin et transformateur.

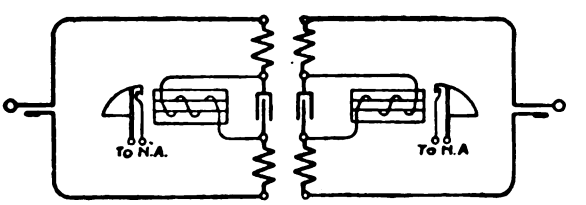



Schéma G-1

Cela peut paraître une hérésie à quelques hommes du métier de proposer un schéma avec transformateur pour tous les dicordes d'un tableau téléphonique à batterie locale ; mais il ne faut pas oublier que le transformateur d'aujourd'hui a un bien meilleur rendement que celui d'autrefois. On peut se procurer actuellement

Digitized by Google

des transformateurs pour courants de conversation dont l'équivalent de transmission, dans le cas où le transformateur est raccordé à des circuits de conditions moyennes, ne dépasse pas 0,5 mille (804 m. 65) de câble étalon, et est quelquefois réduit à 0,35 mille (563 m. 25) de câble étalon. C'est un progrès remarquable sur les anciens types de transformateurs avec lesquels il fallait compter sur un équivalent de 5 ou 6 milles (8046 m. 55 ou 9655 m. 85).

Quand on réalise le schéma G avec un de ces nouveaux transformateurs et avec un annonciateur de fin d'une résistance de 500 ohms convenablement établi, il en résulte un équivalent de transmission de 1, 15 mille (1.850 m. 70) de câble étalon seulement ; si la résistance de l'annonciateur est de 1.000 ohms, cet équivalent se réduit à 1.09 mille (1.754 m. 14) de câble étalon environ. Cette perte est si petite que lorsque le dicorde sert à la fois pour les communications locales et interurbaines, il est pratiquement impossible à quelqu'un qui n'est pas très expert dans l'art de la transmission de découvrir une différence entre ce schéma G et le schéma A avec un seul annonciateur en dérivation (qui, parmi tous ceux que nous avons examinés, possède les meilleures qualités au point de vue de la conversation).

Le dicorde G sépare parfaitement les circuits au point de vue des courants de sonnerie car il est équipé avec un transformateur téléphonique d'un modèle spécial.

Le signal de fin est satisfaisant par suite de la construction efficace du transformateur et de la présence des condensateurs de 2 mf. intercalés au milieu des enroulements du transformateur. Enfin ce dicorde procure une double supervision puisqu'il a deux annonciateurs de fin séparés. Il remplit donc toutes les conditions du dicorde idéal.

La seule objection que l'on puisse formuler est son prix élevé par suite de l'adjonction du transformateur, des condensateurs et du second annonciateur. Ce prix élevé ne devrait pas être considéré comme une dépense mais comme un placement parce que cet équipement supplémentaire permettra un meilleur service dans toutes les conditions d'exploitation possible. C'est un pla-

Digitized by Google

cement semblable au placement supplémentaire que les compagnies de chemins de fer furent obligées de faire lorsqu'elles améliorèrent le matériel roulant et les voies en vue de fournir un service répondant aux exigences du moment.

Pour l'utilisation du dicorde type G dans le service interurbain à longue distance, on peut équiper un certain nombre de dicordes de ce genre avec une clé de commande du transformateur (par exemple les deux premières paires de cordons situées à la gauche de l'opératrice). Cette clé est montée de façon que le transformateur soit normalement en circuit ; dans ces conditions le circuit de conversation et les annonciateurs de fin sont disposés exactement comme dans les autres cordons du tableau (schéma G-1). Lorsqu'on abaisse la clé, le transformateur n'est pas mis complètement hors circuit, mais un de ses enroulements ainsi que l'annonciateur de fin qui lui est associé et les deux condensateurs sont déconnectés.

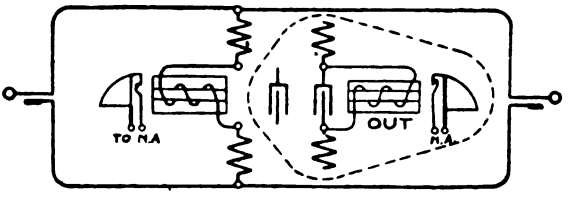



Schéma G-2

On obtient le montage représenté par le schéma G-2 qui convient au service interurbain à longue distance et dans lequel l'impédance restant en dérivation sur le dicorde est celle de l'annonciateur de fin en série avec la moitié du transformateur. L'équivalent de transmission mesuré dans ces conditions n'est que de 0,08 mille (128 m. 75) de câble étalon ; en d'autres termes, le rendement du dicorde dans les conditions du schéma G-2 est le double de celui du dicorde avec un seul annonciateur en dérivation (schéma A). La perte qu'entraine un tel dioorde est à peu près celle d'un cordon sans aucun équipement avec simplement une fiche à chaque extrémité, de sorte que ce montage G-2 est souvent nommé, et avec raison : montage « à perte nulle ».

Digitized by Google

La combinaison de ces deux schémas $G_1$ et $G_2$ est très bonne au point de vue de l'exploitation parce que la téléphoniste peut se servir de tous les cordons du meuble pour les communications locales, si cela est nécessaire pendant les heures chargées. Je crois fermement que c'est là le vrai type de dicorde à adopter et j'ose prédire que malgré son prix élevé, il sera le plus généralement employé par les compagnies téléphoniques lorsqu'elles perfectionneront l'équipement de leurs bureaux centraux en vue de l'efficacité de la transmission de la parole.

Digitized by Google

# SIMPLE REMARQUE SUR LA TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE

Par M. POMEY,
Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

Dans un article de M. G. VIARD, Ingénieur des télégraphes, relatif à la téléphonie à grande distance (1), on trouve la démonstration que le minimum de l'affaiblissement a lieu quand la relation

$$\frac{R}{G} = \frac{L}{C} \tag{1}$$

est satisfaite. M. Viard n'ayant traité que le cas des courants périodiques, je voudrais indiquer ici ce qui se passe, dans le cas général, quand on a cette relation. Or, nous savons que les équations des télégraphistes sont :

$$-\frac{\partial V}{\partial x} = \left(R + L\frac{\partial}{\partial t}\right) I \qquad -\frac{\partial I}{\partial x} = \left(G + C\frac{\partial}{\partial t}\right) V$$

d'où :

$$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = \left(R + L\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(G + C\frac{\partial}{\partial t}\right) I$$

ou :

$$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = LC.\left[\left(\frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C}\right) + \frac{\partial}{\partial t}\right)^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{R}{L} - \frac{G}{C}\right)^2\right] I$$

Je pose :

$$b = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C}\right) \qquad I = e^{-bt} J$$

J'aurai :

$$\frac{\partial J}{\partial t} = e^{bt}\left(b + \frac{\partial}{\partial t}\right) I \quad \frac{\partial^2 J}{\partial t^2} = e^{bt}\left(b + \frac{\partial}{\partial t}\right)^2 I \quad \frac{\partial^2 J}{\partial x^2} = e^{bt}\frac{\partial^2 I}{\partial x^2}$$

(1) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, n° 4, décembre 1916.

Digitized by Google

En substituant et supprimant le facteur $e^{-bt}$, il reste :

$$\frac{\partial^2 J}{\partial x^2} = LC\frac{\partial^2 J}{\partial t^2} - \frac{1}{4}\left(\frac{R}{L} - \frac{G}{C}\right)^2 J$$

Si on suppose la relation (1) satisfaite, on retombe sur l'équation des cordes vibrantes :

$$\frac{\partial^2 J}{\partial x^2} = LC\frac{\partial^2 J}{\partial t^2},$$

de sorte que J se propage sans déformation avec la vitesse $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ ; si on suit une onde, le chemin parcouru $x$ est égal à $\frac{1}{\sqrt{LC}}t$ ; or on a :

$$I = e^{-bt} J,$$

Donc l'onde correspondante de I est affaiblie dans la proportion de $e^{-bt}$ à l'unité, ou, puisque $x$ est proportionnel à $t$, dans la proportion :

$$e^{-b\sqrt{LC}\,x}$$

L'amortissement avec la distance a donc pour exposant :

$$\beta = b\sqrt{LC} = \frac{1}{2}\cdot\frac{RC + GL}{\sqrt{LC}}$$

qui, en vertu de la relation (1), se réduit à :

$$\beta_m = R\sqrt{\frac{C}{L}}, \quad \text{ou} \quad \beta_m = \sqrt{RG}$$

comme dans le cas des courants périodiques.

Digitized by Google

## Service d'Études et de Recherches Techniques
## DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

### Projet d'installation de transporteurs mécaniques à l'Hôtel des Postes de Paris.

(*Voir planche hors texte.*)

Le service du départ de l'Hôtel des Postes de la rue du Louvre à Paris est installé au deuxième étage. C'est dans ce service que sont formées les « dépêches » à destination des différentes gares de Paris.

Chaque dépêche est constituée par un certain nombre de sacs qui doivent partir ensemble de l'Hôtel des Postes. A cet effet, sitôt la dépêche constituée au service du départ (2e étage) elle est livrée au service du transbordement (rez-de-chaussée) et c'est ce dernier service qui la livrera enfin aux automobiles postales.

Entre le deuxième étage et le rez-de-chaussée on fait usage, à l'heure actuelle, des moyens de transport suivants : 1° roulage des sacs par corbeilles depuis les tables de fermeture jusqu'au point central de la salle du deuxième étage — longueur du trajet pouvant atteindre une cinquantaine de mètres ; 2° lancement des sacs dans une des glissières hélicoïdales (1) reliant le point central de la salle du deuxième étage au point central du quai de transbordement ; 3° manipulations diverses le long du quai de transbordement (longueur 35 mètres).

Ces diverses opérations occupent un personnel très nombreux ; le roulage des corbeilles au deuxième étage et les manipulations le long du quai de transbordement produisent de l'encombrement, lequel se traduit par une perte de temps très appréciable ; le roulement des corbeilles est bruyant, use énormément les parquets. En somme, il y a de nombreuses raisons de mettre à l'étude l'amélioration du mode de transport actuel.

(1) Il existe trois glissières en service.

Digitized by Google

L'administration s'est proposée d'installer un système complet de transporteurs mécaniques entre les tables de fermeture du deuxième étage et les automobiles postales stationnées dans la cour.

Voici les dispositions essentielles de l'avant-projet qui a été approuvé par le Comité Technique des Postes et Télégraphes.

1° Les sacs constituant chaque dépêche sont jetés par des ouvertures pratiquées dans le plancher du deuxième étage à l'extrémité de chaque table de fermeture sur un tapis roulant ou toile sans fin, placé sous le plancher du second étage.

La disposition des toiles sans fin au-dessous du plancher du second étage et non pas sur ce plancher est particulièrement intéressante, car de cette façon, on évitera d'une façon absolue l'encombrement des salles de travail.

2° Les toiles sans fin déverseront les sacs sur un va-et-vient situé dans une salle à créer en entresolement dans la partie centrale du bâtiment entre les premier et second étages.

3° La salle du va-et-vient sera reliée par sept glissières ou *descenseurs* à une salle longue, à créer en entresolement entre le rez-de-chaussée et le premier étage, et parallèlement au quai de stationnement des voitures. Des agents trieurs seront placés à poste fixe autour du va-et-vient pour prendre les sacs et les jeter dans les glissières.

4° Les sacs arrivés dans la salle inférieure seront lancés par d'autres agents dans les voitures au moyen de glissières de chargement amovibles.

Les manœuvres des agents trieurs ou des agents de chargement se feront toujours par glissement, portage momentané du sac en le laissant descendre, mais jamais en le remontant.

L'ensemble des dispositions mécaniques à réaliser est schématisé sur le plan de l'Hôtel des Postes — Planche I.

Les points de chute des sacs au second étage sont numérotés de 1 à 29. Pour réduire au minimum le nombre des points de chute on a placé chacun d'eux entre deux tables de fermeture.

Tout point de chute est relié au tapis roulant par une glissoire à faible pente ; un dispositif pour empêcher la création de

Digitized by Google

courants d'air violents par les ouvertures du plancher du second étage sera adapté à chaque glissoire.

Les toiles sans fin sont divisées en deux réseaux, chaque réseau alimentant l'une des tables du va-et-vient.

Les rouleaux porteurs seront suffisamment épais et les paliers recevant les axes de ces rouleaux ne devront pas leur permettre de prendre du jeu tout en leur laissant la possibilité de fléchir sous les charges sans possibilité de dislocation des assemblages et de s'orienter dans le sens exactement perpendiculaire à l'élément de toile qui passe sur les rouleaux.

La tension des toiles sera réglée par un dispositif automatique.

L'entraînement des toiles sera obtenu par des dynamoteurs commandant directement par vis sans fin le rouleau entraîneur.

Pour faciliter l'entretien du moteur et de sa transmission, on disposera de groupes de rechange qui devront pouvoir être substitués aux groupes ayant besoin de réparations à l'aide de palans préparés d'avance se montant sur un rail placé au-dessus du groupe et permettant de le conduire avec le palan jusqu'au chariot de transport. Il sera fait usage d'un seul type, ou au maximum de deux types de moteurs. Ces moteurs seront calculés de manière à ne jamais travailler à pleine puissance même pour la toile la plus chargée du groupe des toiles dans lesquels ils seront interchangeables.

La vitesse des toiles sans fin sera de l'ordre de 1 mètre par seconde.

Le va-et-vient sera constitué par deux transporteurs placés côte à côte et marchant en sens inverse. Leur vitesse, inférieure à celle des toiles sans fin, sera de l'ordre de 40 centimètres par seconde.

Les deux transporteurs du va-et-vient seront complétés par deux écharpes et deux glissoires obligeant les sacs qui n'auraient pas été saisis au passage par les agents trieurs à passer de l'un à l'autre des transporteurs au bout de leur course (croquis N° 1).



Digitized by Google

Le tablier du va-et-vient ne devra posséder qu'un faible coefficient de frottement de glissement.

Le départ des *descenseurs* aura lieu sur les murs des cours vitrées et en contre-bas du va-et-vient. Ces descenseurs seront au nombre de 9, dont 7 allant au fond de la nouvelle salle à créer au-dessus du quai de transbordement et 2 au rez-de-chaussée même.

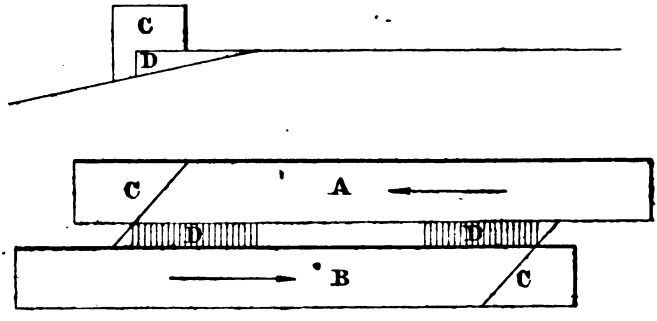



Fig. 1. — Disposition schématique du *va-et-vient*.
A table roulante. — B table roulante. — C écharpe. — D glissière.

*Nouvelle salle à créer au-dessus du quai de transbordement.* — Cette salle est à créer en entresolement entre le rez-de-chaussée et le premier étage. Son plancher sera à 2m25 environ au-dessus du sol.

Elle devra constituer un local fermé, sauf les ouvertures nécessaires pour les descenseurs, les coulottes amovibles de chargement et pour l'éclairage. Ce local sera bien protégé contre les courants d'air ; les ouvertures des glissoires seront étudiées à cet effet.

La nouvelle salle aura la longueur du quai de chargement et 6 mètres de large (sauf l'emprise des monte-charges).

Le quai de chargement offre 14 places de voitures. Les 7 descenseurs aboutissant dans la salle y déboucheront chacun dans l'axe d'une place double de voitures, comme le montre le croquis N° 2. Les sacs tombant d'un descenseur devront pouvoir être manipulés avec facilité par glissement jusqu'aux coulottes de

Digitized by Google

chargement et sans danger d'accident pour les agents placés dans la salle.

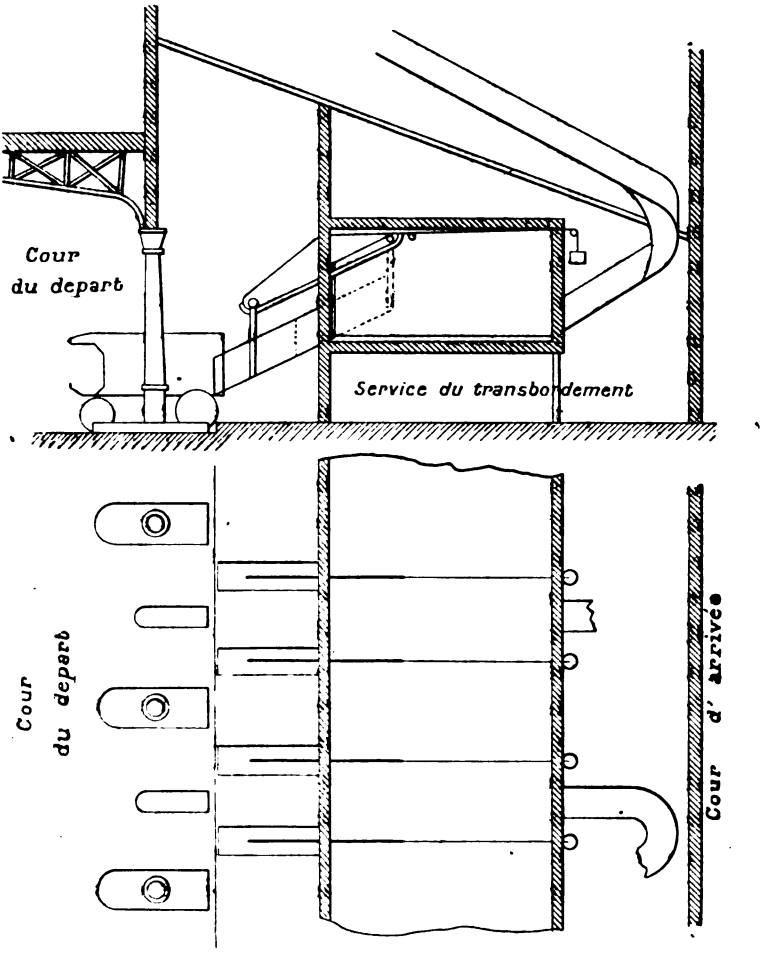



Fig. 2.

*Coulottes amovibles de chargement dans les voitures.* — Ces coulottes seront au nombre de 14, en communication deux à deux avec un descenseur.

Elles devront être éclipsées pendant les périodes de repos, par exemple en les équilibrant par un contre-poids et en les faisant rouler sur un rail incliné. Un verrouillage devra maintenir les coulottes en place pendant le chargement.

Digitized by Google

L'exécution des travaux de toute nature dans l'Hôtel des Postes ne devra apporter aucun obstacle à l'exécution du service postal actuel.

L'ensemble de l'installation mécanique devra avoir été étudié pour fonctionner sans arrêt une vingtaine d'heures par jour. Le matériel adopté devra être extrêmement robuste. Les parties mécaniques, moteurs, etc... qui nécessiteront une surveillance et un entretien particuliers devront être très facilement accessibles et des plates-formes avec garde-corps, disposées pour donner toute sécurité au personnel.

Il sera prévu un groupe électrogène de secours (moteur à essence) pour remplacer le secteur électrique en cas de panne de celui-ci.

Tel est le projet dont l'exécution apportera certainement une grande amélioration dans le service du départ de l'Hôtel des Postes de Paris. Les inconvénients du système actuel ont déjà été énumérés, l'installation mécanique a été évidemment conçue pour y remédier. En outre, par la création de deux salles entresolées, la superficie de l'Hôtel des Postes sera augmentée de 300 mètres carrés ; le service du transbordement, actuellement installé très à l'étroit au rez-de-chaussée, sera mis à l'aise.

L'envoi des dépêches par les transporteurs mécaniques sera, tout en laissant aux divers services la faculté de procéder au pointage, beaucoup plus rapide que par les moyens actuels. Cette accélération correspond à une augmentation de la capacité de rendement de l'Hôtel des Postes et peut aussi exercer une heureuse influence sur la marche générale du service postal à Paris.

Enfin, si l'on considère que l'Administration devra employer, après la guerre, beaucoup de sous-agents mutilés, la mise en service de transporteurs mécaniques s'impose avec une nouvelle évidence et on tirera ainsi le meilleur parti possible de la main-d'œuvre fournie par ces sous-agents en diminuant la somme d'efforts manuels exigés d'eux.

On peut donc dire, comme conclusion, que l'installation mécanique projetée correspond à une nécessité d'exploitation et que malgré son coût élevé, les avantages immédiats que l'on en reti-

Digitized by Google

rera se chiffreront par des économies — ou, en d'autres termes, — que l'installation mécanique sera rapidement amortie.

## Essais de chariot électrique pour le transport des sacs postaux sur les quais des gares.

Des essais de transport des sacs postaux au moyen de chariots électriques sur les quais des gares pendant le chargement et le déchargement des trains-poste ont eu lieu en juin et en juillet 1918 à Paris à la gare d'Austerlitz.

Le chariot ayant servi à ces essais avait été fabriqué par une firme américaine *The Automatic Transportation Company*, et prêté à l'Administration des Postes par les représentants en France de l'American Trading Company. Grâce au précieux concours des ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer Paris-Orléans, ces essais préliminaires, effectués sous la direction du Service d'Études, ont très bien réussi.

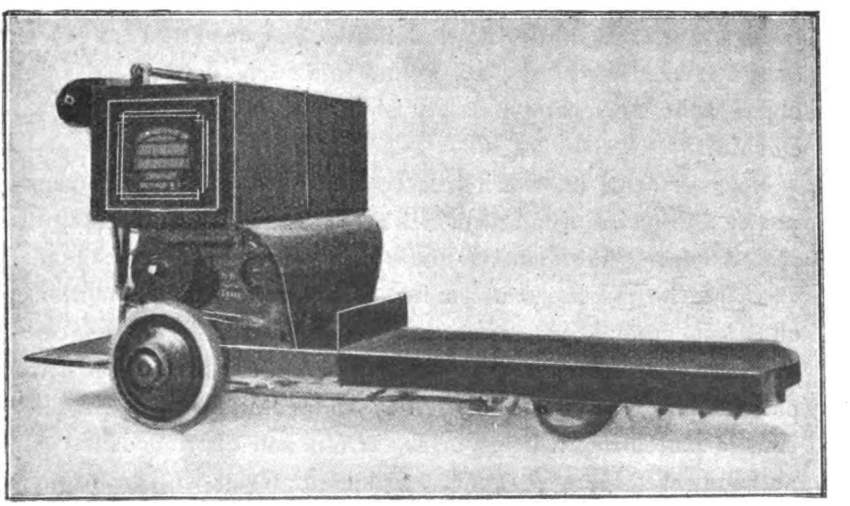


Fig. 1. — Chariot électrique de l'Automatic Transportation Company.

Le chariot électrique utilisé est représenté sur la photographie ci-dessus (fig. 1). C'est un chariot à quatre roues comportant deux roues à la fois motrices et directrices et deux roues sim-

Digitized by Google

plement directrices. Les roues motrices sont entraînées au moyen d'engrenages, par un premier moteur électrique (dit moteur de translation) alimenté par une batterie d'accumulateurs Edison. Ce moteur, protégé par un fusible, est commandé par un interrupteur à pédale et par un controller rhéostatique à sept positions : une position de repos — trois vitesses pour la marche avant — trois vitesses pour la marche arrière. La manette du controller se déplace dans un plan vertical.

Le mécanisme de direction qui agit à la fois sur les quatre roues est actionné par un levier qui peut se déplacer dans un plan horizontal ou dans un plan vertical, à la volonté du conducteur. Le conducteur se tient debout sur une étroite plate-forme fixée au cadre du chariot. Il tient sous son pied la pédale de l'interrupteur, dans une main le levier de direction et dans l'autre la manette du controller. Il peut tourner le dos au chariot afin d'être placé à l'avant en cours de route, de sorte qu'il voit parfaitement tons les obstacles qui peuvent se présenter sur son chemin, mais il lui est alors impossible de surveiller le chargement qu'il transporte sur le tablier de son chariot. Il peut aussi se placer dans l'autre sens, ce qui lui permet une surveillance active des objets qu'il transporte, mais ces objets lui cachent un peu son chemin.

Normalement, un chariot de ce genre est destiné à transporter d'un point à un autre, très rapidement et sans fatigue, des plate-formes (généralement en bois) chargées d'objets quelconques. Ces plate-formes reposent sur le sol soit au moyen de montants ou de pieds verticaux, soit au moyen de roues. Le chariot électrique comporte un tablier en tôle reposant sur un cadre constitué par des longerons en fer en I. Le conducteur engage ce tablier sous la plateforme à transporter, arrête son chariot dans cette position, et soulève un levier spécial qui ferme un interrupteur placé dans le circuit d'un deuxième moteur électrique dit « moteur d'élévation » ; le rôle de ce deuxième moteur est d'entraîner, au moyen d'une vis tangente, un bras élévateur qui force le tablier à glisser sur des plans inclinés fixés au cadre du chariot ; le tablier se trouve ainsi soulevé au-dessus du sol, tout en restant toujours

Digitized by Google

parallèle au sol. Il vient en contact avec le dessous de la plateforme, puis la soulève avec tout son chargement. La course verticale totale du tablier est de neuf cm. et le moteur d'élévation, alimenté par la même batterie d'accumulateurs que le moteur de translation, permet d'élever une charge de 1.800 kg. à cette hauteur en sept secondes. Lorsque cette hauteur est atteinte, une came, entraînée par le mécanisme d'élévation, agit sur l'interrupteur placé entre la batterie d'accumulateurs et le moteur d'élévation : ce moteur s'arrête. Le chariot peut alors transporter la charge de 1.800 kg. qu'il supporte à une vitesse variable de 1.600 mètres à 8 kilomètres à l'heure.

Un chariot de ce type convient parfaitement à toutes les applications où la manutention est considérable. Comme il n'est pas immobilisé pendant les chargements et déchargements, il peut transporter sans arrêt des plateformes quelconques préalablement chargées. Une femme peut ainsi manutentionner par petites portions un tonnage important dans sa journée et remplacer de cinq à dix hommes.

Naturellement, ces allées et venues prennent un certain temps. Dans le cas du transport des sacs postaux chargés généralement sur des tricycles qui, emplis à pleins bords, ne pèsent guère plus de 7 a 800 kilogrammes chacun, un tel chariot ne travaillerait pas à pleine charge s'il se bornait à transporter dans chaque voyage un seul de ces tricycles transformé en plateforme mobile et chargé sur le tablier du chariot électrique. Aussi, a-t-on pensé, dès le début des essais auxquels l'Administration a procédé à la gare d'Austerlitz, à utiliser le chariot électrique à tablier mobile pour deux usages à la fois : pour le transport de plateformes mobiles et pour la traction de remorques attelées.

A cet effet, des tricycles de la C^ie^ d'Orléans affectés au transport des bagages ont été transformés de la façon suivante, afin de servir à la fois de plateformes et de remorques : 1° les deux roues arrière ont été conservées ; la roue avant a été supprimée et remplacée par deux roues folles montées à la partie antérieure du cadre de bois sous les longrines latérales, ces

Digitized by Google

roues folles présentant entre elles un écartement égal à toute la largeur du cadre et suffisant pour que l'on puisse engager librement le tablier du chariot électrique sous le tricycle ainsi transformé. On obtient ainsi de véritables plateformes mobiles montées sur roues et pouvant néanmoins continuer à être utilisées comme des tricycles ordinaires pour la traction à la main. Le cadre des tricycles de la Cie d'Orléans, étant à une distance du sol de 26 cm., se prêtait fort bien à cette transformation puisque le tablier du chariot électrique, dans sa position la plus basse, est à 25 cm. du sol.

2° En outre, des attelages très simples, ayant déjà servi à des essais de traction analogues effectués à Tours par la Cie P. O. ont été fixés à l'avant et à l'arrière des chariots à bagages afin de pouvoir utiliser également ces chariots comme remorques. Ces attelages comportent : une partie mâle constituée par un crochet et une partie femelle constituée par un triangle dont deux sommets s'articulent au cadre du chariot à bagages et dont l'autre sommet porte un œillet dans lequel doit s'engager le crochet correspondant.

Après ces deux transformations, les chariots à bagages pouvaient donc servir soit comme chariots ordinaires poussés à la main pour les manutentions habituelles consistant en très petits déplacements aux points de chargement et de déchargement ; soit comme plateformes mobiles élevées par le chariot électrique et transportées sur le tablier de ce chariot, soit enfin comme remorques attelées au chariot électrique, fonctionnant alors en tracteur. En vue de cette dernière application, une ferrure spéciale en forme de V avait été boulonnée sur les longerons en fer formant les côtés latéraux du cadre du chariot électrique. Dans un trou pratiqué à la pointe de ce V on avait passé un anneau dans lequel pouvait s'engager la partie mâle de l'attelage de la première remorque.

Avec ce matériel, on procéda à des essais de tous genres. On chargea sur le tablier du chariot électrique, en actionnant le mécanisme d'élévation, un cadre empli à pleins bords de sacs postaux ; on le transporta depuis l'entrepôt des postes jusqu'au

Digitized by Google

wagon-poste stationné en gare et on le déposa sur le quai à la porte de ce wagon-poste. Puis, pour se rendre compte de la maniabilité du chariot, on plaça sur son tablier un cadre chargé au maximun et on essaya de tourner dans le plus petit espace possible : on put prendre ainsi des courbes de 1 m. 80 de rayon. Enfin, on attela au chariot, préalablement chargé d'une plateforme, deux remorques également chargées à pleins bords de sacs postaux, afin de constituer un train ayant nu chargement total supérieur à 1.500 kgs. Dans ces conditions, un trajet de 500 mètres environ présentant deux coudes brusques et une rampe d'une cinquantaine de mètres, put être effectué en un peu moins de trois minutes (soit une vitesse de dix kilomètres à l'heure).

La conduite de ce chariot électrique est très souple et très facile. Les femmes y réussissent d'ordinaire fort bien. L'entretien courant consiste surtout à charger la batterie d'accumulateurs et à veiller à ce que le niveau de l'électrolyte y demeure constant.

Voici maintenant quelques détails techniques sur la construction du chariot et sur ces caractérisques électriques.

Le schéma général du montage électrique est représenté sur la fig. 2.

La batterie d'accumulateurs comprend 21 éléments Edison du type A-6 (d'une capacité de 225 ampère-heures) montés en trois groupes de sept éléments. Ces éléments se composent de plaques positives formées d'une série de petits tubes en acier perforé remplis d'oxyde de nickel et de nickel pur pulvérisé, et de plaques négatives formées d'une série de poches rectangulaires également en acier perforé, remplies d'oxyde de fer en poudre. Ces tubes et poches en acier sont fixés dans des cadres en acier laminé qui forment les plaques positives et négatives des éléments. Les bacs sont construits en acier très mince soudé à l'autogène ; les plaques positives et négatives constituant un élément sont isolées les unes des autres ainsi que du bac par des séparateurs en ébonite. Les éléments ainsi constitués sont remplis d'un électrolyte alcalin composé d'une solution de potasse additionnée d'un peu de lithium dans de l'eau distillée.

Digitized by Google

Pour charger ces 21 éléments, il faut disposer d'un voltage continu de 1 volt 85 par élément, soit pour l'ensemble de la batterie environ 40 volts. La charge se fait en sept heures avec une intensité constante égale à 45 ampères. La batterie

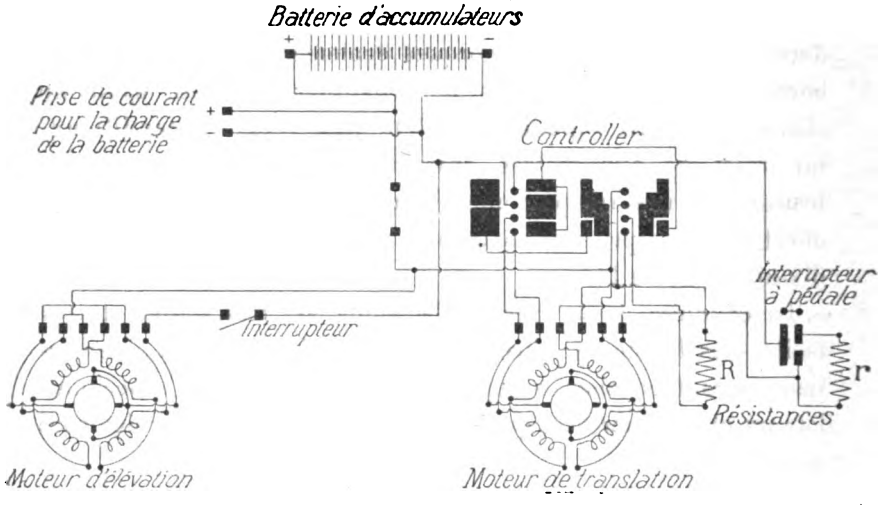



Fig. 2. — Schéma des connexions électriques du chariot.

peut être considérée comme pratiquement chargée lorsque le voltage dépasse 1 volt 80 par élément et est resté constant pendant 30 à 40 minutes.

La batterie doit être surchargée une première fois quand elle est neuve, puis doit recevoir des surcharges régulièrement tous les deux mois. Ces surcharges s'effectuent en maintenant le régime normal de 45 ampères pendant douze heures au lieu de sept heures.

Les meilleurs résultats et le meilleur rendement sont obtenus, avec les batteries Edison, lorsque la température durant la charge est maintenue entre 24° et 35° C. Pour cette raison, il est bon d'opérer la charge dans un endroit légèrement chauffé en hiver et ventilé en été. La température maximun que peut supporter sans inconvénient la batterie Edison pendant la charge est de 40° C. (à l'exception de charges de très courte durée).

Digitized by Google

Le niveau normal de l'électrolyte dans les accumulateurs Edisou est de 13 mm. au-dessus du haut des plaques, qui ne doivent jamais être laissées à découvert. Le remplissage se fait exclusivement à l'eau distillée, les eaux carbonatées ou gazeuses qui risquent de carbonater la potasse de l'électrolyte devant être évitées. La densité de la solution électrolytique à 15 C. est de 1, 2; mais des variations considérables de densité sont admissibles sans nuire à l'accumulateur.

Le voltage moyen de décharge est de 1, 2 volt par élément (soit 24 volts pour la batterie) et la décharge est pratiquement complète lorsqu'une moyenne de 1 volt par élément est atteinte.

Les accumulateurs Edison, d'une fabrication très soignée, présentent de nombreux avantages, dont quelques-uns sont précieux pour la traction. Ils sont légers (le poids d'un élément A-6 complet est de 8.730 gr. et le poids de la batterie complète de 21 éléments assemblés en trois caisses est de 190 kg.). Ils sont insensibles aux chocs et aux vibrations car la matière active des plaques positives et négatives étant comprimée dans les tubes et les poches en acier ne peut être précipitée en service. Ils ne nécessitent aucun nettoyage intérieur, et, pour cette raison, les couvercles des bacs sont soudés à l'autogène, après que l'élément complet a été placé à l'intérieur. Ne contenant pas d'acide, ils ne dégagent aucun gaz nocif pendant la charge. Les récipients en acier laminé, à parois striées afin de leur donner le maximum de résistance sous le minimum de poids, sont incassables. Enfin, et ceci est particulièrement important au point de vue de la traction, ils supportent sans le moindre inconvénient les charges extra-rapides et les surcharges, et ils supportent sans danger le court-circuit. Ils peuvent également rester indéfiniment chargés ou déchargés sans perdre de leur capacité.

La batterie d'accumulateurs Edison du chariot électrique alimente alternativement les deux moteurs électriques montés en parallèle sur la batterie (fig. 2) : le moteur de translation qui fonctionne pendant la marche du chariot et le moteur d'élévation qui fonctionne lorsque le chariot immobile charge une pla-

Digitized by Google

teforme sur son tablier élévateur ou la dépose à terre. Un fusible, placé immédiatement après la dérivation aboutissant à une prise de contact permettant de charger la batterie sans l'enlever du chariot, protège l'alimentation des deux moteurs. Dans le circuit du moteur d'élévation se trouve un interrupteur que l'on manœuvre au moyen d'un levier spécial servant à mettre en marche le mécanisme d'élévation. Dans le circuit du moteur de translation, il y a un controller-inverseur à sept positions et un interrupteur à trois positions manœuvré par une pédale.

Les deux moteurs sont identiques et d'une puissance de deux à trois chevaux. Ce sont des moteurs série à courant continu fonctionnant sous 24-34 volts ayant deux paires de pôles et quatre balais. Il y a six bornes extérieures sur chaque moteur : deux pour l'enroulement induit et quatre pour les deux enroulements inducteurs. Dans le moteur d'élévation, les deux enroulements inducteurs sont montés en parallèle d'une façon permanente. Dans le moteur de translation, les deux enroulements inducteurs sont

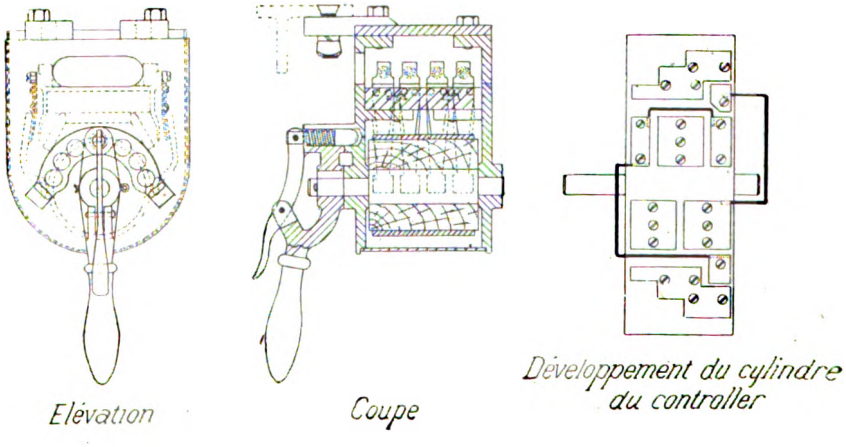



Fig. 3. — Controller-inverseur de marche à sept positions.

montés soit en série, soit en parallèle suivant les positions de la manette du controller. La fig. 2 représente le développement schématique du cylindre du controller dont l'axe porte huit contacts ; la fig. 3 représente l'aspect réel de cet organe. Une tige,

Digitized by Google

poussée par un ressort et dont l'extrémité s'engage dans les petites cuvettes cylindriques qui marquent les différentes positions du controller, fixe la manette de ce controller dans la position qu'on lui donne, de sorte qu'une des mains du conducteur devient

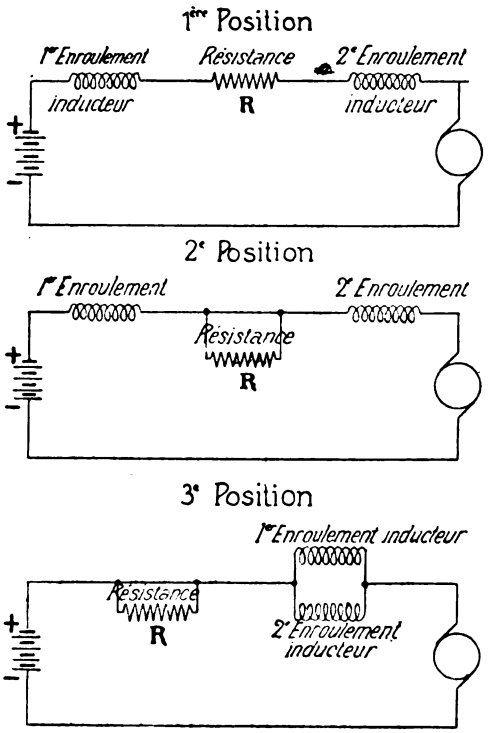



Fig. 4. — Connexions utilisées aux différentes phases de l'opération du controller.

momentanément disponible. La fig. 4 montre les diverses connexions utilisées aux différentes phases de l'opération du controller : 1° première vitesse : les deux enroulements inducteurs sont en série avec la résistance R ; 2° deuxième vitesse : les deux enroulements inducteurs sont montés en série et la résistance R est court-circuitée ; 3° troisième vitesse : les deux enroulements inducteurs sont montés en parallèle et la résistance R est court-circuitée.

Digitized by Google

L'interrupteur à pédale facilite énormément la conduite du chariot. Il permet d'arrêter le chariot ou de le faire repartir, sans toucher au controller. Il comporte trois positions : dans la première, le circuit d'alimentation du moteur de translation est coupé, cela a lieu lorsque la pédale est complètement relevée. Quand on appuie avec le pied sur la pédale, les contacts de l'interrupteur passent d'abord par leur deuxième position, ce qui ferme le circuit d'alimentation du moteur de translation (avec les connexions électriques correspondant à la position qu'occupe le controller à ce moment), mais une résistance de protection $r$ se trouve alors introduite momentanément dans ce circuit ; puis, lorsqu'on continue d'appuyer sur la pédale, cette résistance de protection $r$ est mise hors circuit et la vitesse correspondant à la position du controller est atteinte : c'est la troisième position de l'interrupteur à pédale, obtenue lorsque la pédale est complètement abaissée sous l'action du poids du conducteur. Les mêmes phénomènes se reproduisent en ordre inverse lorsque le conducteur cesse d'appuyer sur la pédale et la laisse se relever naturellement, afin d'arrêter le chariot. Grâce à l'intercalation momentanée et automatique de cette résistance $r$, les manœuvres de mise en marche et d'arrêt, effectuées au moyen de la pédale, sont rendues progressives et le moteur fonctionne d'une façon satisfaisante. D'autre part, le controller étant dans sa première position (première vitesse) si l'on maintient la pédale dans sa position moyenne, pour laquelle la résistance $r$ est intercalée dans le circuit du moteur, le chariot marche « au ralenti », ce qui constitue en réalité une quatrième vitesse (plus faible que les trois autres).

Cette marche au ralenti rend de grands services pour les petits déplacements du chariot électrique exigeant une grande précision de manœuvre, notamment avant le chargement d'une plateforme.

Voici, pour terminer, les dimensions principales du chariot électrique :

| | |
|---|---|
| Longueur totale | 2 m. 62 |
| Largeur totale | 1 m. 04 |

Digitized by Google

| | |
|---|---|
| Hauteur au-dessus du sol du tablier abaissé.... | 0 m. 25 |
| Hauteur du tablier relevé..... | 0 m. 34 |
| Élévation totale..... | 0 m. 09 |
| Largeur du tablier..... | 0 m. 60 |
| Longueur du tablier..... | 1 m. 40 |
| Empattement..... | 1 m. 30 |

Le poids total du chariot non chargé, complètement équipé avec sa batterie d'accumulateurs Edison, est de 1025 kgs. La charge utile qu'il peut supporter sur son tablier est de 1800 kgs. Les moteurs ayant été calculés largement, on peut les alimenter sous 34 volts au lieu de 24 volts (en ajoutant une nouvelle caisse de sept éléments Edison à la batterie d'accumulateurs) et la charge utile que peut enlever le chariot est alors supérieure à deux tonnes. On aurait intérêt à effectuer cette transformation si l'on voulait normalement utiliser le chariot autant comme tracteur que comme transporteur de plateformes mobiles.

## Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes.

L'administration fera prochainement distribuer au personnel intéressé une *Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes* (1).

Cette instruction n'est autre qu'une édition nouvelle de l'instruction n° 500-77, mais refondue et complétée par le Service d'études et de recherches techniques, illustrée de nombreux schémas, et publiée dans un format commode.

---

(1) Approuvée par le Comité technique.

Digitized by Google

## Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés.

Le Service d'études vient d'élaborer une *Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés.*

Cette instruction illustrée, présentée sous le même format que la précédente et approuvée par le comité technique, comprend la description pratique des travaux d'entrée de poste, de percement des murs et cloisons, de pose du fil d'appartement, et de mise en place des appareils. Elle donne les schémas électriques des installations les plus usuelles, et indique en quoi consiste l'entretien d'un poste d'abonné.

Digitized by Google

# COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

## Utilisation des courants industriels pour les appels téléphoniques.

Dans le but d'arriver à la suppression complète des piles d'appel dans les installations téléphoniques, l'Administration a prescrit leur remplacement progressif par des « appels magnétiques » et aussi l'utilisation éventuelle des courants alternatifs fournis par les secteurs industriels.

S'inspirant de l'esprit de ces prescriptions, M. Marchal, Inspecteur à Aurillac, a cherché à adapter, pour les appels téléphoniques, le courant continu fourni par le secteur de cette ville, et déjà utilisé pour le remontage des poids et l'alimentation des appareils télégraphiques (distribution à 3 fils, $2 \times 120$ volts). Il aurait pu être dangereux d'amener directement le courant industriel sur les tableaux commutateurs, et, d'autre part, la mise à la terre du fil neutre de la canalisation, nécessaire pour les transmissions télégraphiques, aurait provoqué l'appel intempestif des postes intermédiaires montés, avec bobine différentielle, sur les circuits bifurqués. Il y avait donc lieu d'isoler de la canalisation d'énergie les circuits d'utilisation, et, d'autre part, de supprimer toute connexion avec la terre (sauf en cas d'appel de poste intermédiaire) : on était ainsi amené à envisager la transformation du courant continu en courant périodique (quelle que soit d'ailleurs la forme de la période) au moyen de transformateurs statiques.

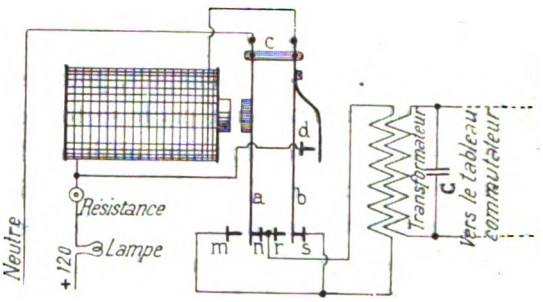
Une première installation, réalisée dans ce but, comprenait un trembleur, en série sur le réseau avec le primaire d'un transformateur : les résultats ne furent pas satisfaisants : les annonciateurs fonctionnaient convenablement, mais les sonneries des abonnés n'étaient pas régulièrement actionnées ; d'autre part,



Digitized by Google

l'augmentation de la fréquence du vibrateur avait pour conséquence une diminution sensible de l'intensité du courant secondaire : ces difficultés provenaient du magnétisme rémanent du transformateur ; pour les éviter, on devait faire travailler le transformateur dans des conditions plus voisines de son fonctionnement normal, c'est-à-dire en inversant le courant dans le primaire à chaque oscillation du vibrateur.

A cet effet, une seconde lame vibrante, *b* rendue mécaniquement solidaire de la première, au moyen d'une bielle isolante, *c* fut adjointe au vibrateur ; au repos, les ressorts des armatures appuient sur les contacts *n* et *s* : le courant passe, dans le primaire, dans le sens *s* vers *n*.




Les armatures sont alors attirées par l'électro du vibrateur ; elles viennent au contact de *m* et de *r*, et le courant passe, dans le primaire, dans le sens inverse du précédent. Mais, avec ce montage, les armatures resteraient évidemment collées sur *m* et *r* et le mouvement de trembleur ne se produirait pas sans un artifice spécial. Pour permettre le retour des ressorts d'armatures sur *n* et *s*, il faut que, pendant leur contact sur *m* et *r*, les armatures ne soient plus attirées par l'électro-aimant. Cette condition a été réalisée en disposant une butée *d*, qui court-circuite les bobines de l'électro-aimant un peu avant le contact des armatures avec *m* et *r*, et ne remet ces bobines en circuit qu'après que les ressorts d'armature ont quitté les contacts *m* et *r*. Le courant n'est rétabli que lorsque ces ressorts sont revenus au contact de *n* et *s*.

Digitized by Google

Le circuit secondaire se trouve ainsi parcouru par des courants périodiques, alternés quant au sens, et séparés par des moments d'intensité nulle, correspondant: 1° aux instants où les ressorts d'armature sont isolés entre *m* et *n* d'une part, *r* et *s* d'autre part (intensité nulle dans le primaire); 2° au moment où le régime permanent est établi dans le primaire.

Le fonctionnement de l'appareil produisait toutefois, dans les écouteurs des opératrices, un ronflement très désagréable : ce phénomène pouvait être attribué à un effet de condensation, les ressorts des clés d'appel et d'écoute jouant le rôle d'armatures de condensateurs ; le ronflement fut à peu près supprimé par le montage, entre les deux bornes du secondaire des transformateurs, d'un condensateur, C, qui allonge les périodes de charge et de décharge des ressorts des clés et diminue, par suite, leur action inductive sur les circuits des écouteurs. Actuellement le ronflement n'est perceptible que pour un opérateur prévenu : il est donc pratiquement négligeable.

L'expérience a montré que les meilleurs résultats étaient obtenus lorsque la fréquence du vibrateur était sensiblement égale à celle des armatures des sonneries des abonnés.

Les relais qui, chez les abonnés, actionnent plusieurs sonneries en dérivation, ont donné lieu à quelque difficulté : l'armature de ces relais vibre, mais ne reste pas suffisamment sur son contact pour assurer le fonctionnement des sonneries : la difficulté a été tournée en favorisant le collage de ces relais et en les réglant au maximum de sensibilité. Dans ces conditions, le fonctionnement est excellent.

La consommation d'énergie est insignifiante : l'intensité moyenne ressort à 183 milliampères, soit environ 22 watts-heures, pour l'ensemble du bureau d'Aurillac ; la dépense quotidienne, pour une journée de 12 heures ne dépasse guère 10 centimes.

Les appels magnétiques ont néanmoins été installés, en prévision de l'arrêt du courant industriel ; un commutateur à 2 directions permet de passer instantanément de l'un à l'autre système d'appel.

Digitized by Google

# Le service postal, télégraphique et téléphonique
# DANS LES ADMINISTRATIONS ET LES ARMÉES
# DES PAYS ENNEMIS

## Fédération des agents des Postes en Allemagne.

D'après la *Deutsche Verkehrs Zeitung*, organe officiel des cheminots et postiers allemands, la question de la fédération des employés de l'État, des départements et des communes a fait un pas décisif en Allemagne.

Sur l'initiative de deux groupements importants, le Syndicat des fonctionnaires et l'Union des amicales, un congrès des diverses associations s'est tenu les 8 et 9 septembre 1917 à Stuttgart, dans lequel ont été précisés la composition de l'organisation nouvelle et l'objet de ses travaux. Un comité central fédéral d'études et de propagande, formé de 5 membres de chacune des associations adhérentes, a été nommé. Son siège est fixé à Berlin. Un chef de bureau de ministère est chargé du secrétariat général. Les fonctionnaires et agents de tout ordre (cheminots, postiers, instituteurs, professeurs, douaniers, etc.) formeraient ainsi une vaste fédération qui étudierait, coordonnerait, soumettrait aux autorités et au gouvernement toutes les questions exclusivement d'intérêt général pour la collectivité.

Les revendications présentées aux pouvoirs publics sont énumérées ci-après : Droit d'association, de réclamation, de représentation directe devant les corps constitués (Reichstag, Chambre des Seigneurs, Landtag) et dans les conseils de discipline. — Reconnaissance, par le législateur, des droits et du rôle des fonctionnaires dans l'État. — Obligations devant l'impôt. — Éducation politique. — Revision des traitements. — Situations administratives pendant et après la guerre. — Assistance confra-

Digitized by Google

ternelle aux blessés et mutilés candidats à des emplois publics — Amélioration de la situation des retraités et de leurs ayants droit — Cherté de la vie et problèmes de l'alimentation. — Neutralité à l'égard des divers partis politiques. — Participation effective aux affaires publiques. — Réglementation nouvelle des vacations. — Attributions et rôle du personnel féminin. — Repopulation, ses conséquences économiques et politiques.

Une seconde assemblée générale, tenue les 13 et 14 octobre à Berlin, où 500.000 fonctionnaires et agents étaient représentés, a confirmé les décisions prises au congrès de Stuttgart. Des déléguées des diverses associations de dames étaient présentes et ont déclaré vouloir collaborer, dans l'intérêt commun, aux travaux de la Fédération.

## Budget des Postes allemand de 1918.

Ce budget est encore un budget de guerre et on ne peut, d'après sa physionomie, se rendre un compte exact de la situation financière de l'Allemagne. Il reprend, à très peu de chose près, les chiffres des exercices 1915, 1916 et 1917 (1) qui reproduisaient eux-mêmes ceux de 1914, jugés suffisants pour assurer la bonne marche des services pendant cette période de stagnation.

Le tableau ci-après montrera combien l'écart est peu sensible entre les prévisions pour 1918 et celles pour 1914.

| | *Exercice 1918* | *Exercice 1914* |
|---|---|---|
| Total des recettes..... | 1.101.558.375 fr. | 1.101.608.125 fr. |
| Montant des dépenses permanentes..... | 947.832.191 | 936.877.810 |
| Excédent des recettes sur les dépenses permanentes... | 153.726.184 | 164.730.315 |
| Montant des dépenses accidentelles et de premier établissement..... | 24.809.461 | 37.859.151 |
| Excédent net des recettes.. | 128.916.723 fr. | 126.871.164 fr. |

(1) Voir *Annales des P., T., T.* (Année 1917, p. 426).

Digitized by Google

L'examen des divers chapitres donne lieu aux remarques suivantes :

*Personnel.* — Au 1er octobre 1917, l'effectif total se décomposait comme suit :

| | *Commissionnés* | *Non commissionnés* |
|---|---|---|
| Fonctionnaires et agents supérieurs..... | 3.306 | » |
| Agents ordinaires (Commis, dames, employées)..... | 91.612 | 23.274 |
| Sous-agents..... | 131.878 | 21.922 |

Sur le chiffre de 23.274 agents non commissionnés, on compte actuellement 13.986 dames. Si l'on ajoute à ce chiffre les 6.127 dames qui suppléent les hommes dans les bureaux de 3e classe, on arrive au total imposant de 23.274 dames employées non commissionnées.

Les créations d'emploi nécessiteront une dépense totale de 5.826.550 fr. en traitements et frais de séjour et une augmentation de 437.500 fr. au chapitre des indemnités extraordinaires et des secours. Ces créations sont au nombre de 12.632, à savoir :

6.168 emplois d'agents du cadre moyen.
6.425 emplois de sous-agents.
12.632.

Le chapitre des allocations aux veuves et aux orphelins est augmenté de 2.250.000 fr. à la suite des lois récemment votées et eu égard au nombre plus élevé des ayants droit.

*Exploitation.* — Les dépenses d'exploitation accusent une augmentation de 1.500.000 fr. sur les dépenses de même nature prévues pour 1917 ; cette augmentation se répartit comme suit :

1.250.000 fr. pour l'expédition des courriers par suite de dénonciation de contrats de transport et de conclusion de nouveaux contrats plus onéreux.

250.000 fr. au titre des loyers des bureaux et des immeubles divers.

Digitized by Google

*Dépenses accidentelles et de premier établissement.* — On prévoit, de même qu'en 1916 et en 1917, la somme de 19.010.100 fr. pour l'amortissement et les intérêts des emprunts contractés par l'Administration pour les installations télégraphiques et téléphoniques (Taux de l'amortissement 1,9 %).

325.000 fr. (75.000 fr. de plus qu'en 1917) sont destinés à l'édification et à l'achat de logements pour sous-agents et agents à faibles traitements en résidence dans des localités où les locaux d'habitation font défaut ; on projette trois dortoirs pour célibataires et trente-deux logements pour familles.

Deux points sont à noter en ce qui concerne les constructions : 1° Une demande de 750.000 fr. deuxième tranche du crédit affecté à la reconstruction du bureau des chèques de Berlin. L'énorme développement pris par ce service a contrarié les plans primitifs et l'extension doit être accomplie avant 1919. 2° Une première annuité de 1.250.000 fr. pour l'édification d'un garage d'automobiles à Berlin (dépense totale prévue 4.395.000 fr.) et d'un atelier pour automobiles à Hakenfelde près Spandau (dépense totale prévue 4.218.750 fr.).

On lit dans l'exposé des motifs : « Les essais de transports postaux dans les grandes villes au moyen d'automobiles ont donné d'heureux résultats ; aussi l'Administration se propose-t-elle, partout où les conditions locales le permettent, de substituer la traction automobile à la traction animale. La transformation se fera par étapes, d'abord à Berlin, Cologne, Dusseldorf et Kœnigsberg où fonctionnent des messageries impériales, ensuite dans d'autres grands centres.

« Le nombre des automobiles circulant à Berlin sera de 250 unités, mais on manque de remises pour abriter un si grand nombre de voitures aux organes délicats qui ne peuvent rester au repos en plein air.

« Jusqu'ici, pour réparer les quelques automobiles en service, on traitait avec les maisons qui les avaient construites, mais dorénavant, si l'on en augmente le nombre, il y aura intérêt, au point de vue technique et financier, à effectuer les réparation dans des ateliers appartenant à l'État.

Digitized by Google

« L'Administration de la Guerre, elle aussi, attache un grand prix à l'installation d'ateliers de l'État auxquels elle pourrait recourir en cas de besoin. Tout d'abord, un atelier principal sera construit par l'Administration des Postes : on y effectuera les grosses réparations et vérifications nécessaires après le parcours d'un certain nombre de kilomètres. Pour les petites réparations courantes, on installera dans chaque ville des ateliers secondaires simplement équipés. La banlieue de Berlin, centre des transports automobiles, est tout indiquée pour l'installation de l'atelier principal envisagé. »

*Budget extraordinaire.* — Aucune demande de crédit n'y figure ; en effet les sommes prévues pour l'extension des réseaux téléphoniques et fournies par voie d'emprunts n'ont pas encore été entièrement dépensées.

Notons pour finir que l'épuration des termes de finances appartenant aux idiomes latins est consciencieusement poursuivie ; on ne rencontre plus dans le budget de 1918 les mots état, fonds, disposition, capital, etc., qui sont remplacés par des expressions d'apparence plus germanique.

## Poste aérienne en Autriche

Depuis le 31 mars 1918, des correspondances postales peuvent être transportées quotidiennement par la poste aérienne entre Vienne, Cracovie et Lemberg. Provisoirement, seules les lettres ordinaires et les cartes postales sont admises au transport. Ces envois doivent porter la mention : « Poste aérienne » et être remis au guichet des bureaux de poste des trois villes sus-indiquées. L'affranchissement est obligatoire. La taxe se compose : *a*) de la taxe postale ordinaire ; *b*) d'un droit fixe spécial de 1 couronne (1) ; *c*) de la taxe aérienne de 1 couronne 50 heller par 20 grammes pour le parcours de Vienne à Cracovie et autant pour le parcours de Cracovie à Lemberg.

(1) 1 couronne à 100 heller = environ 1 fr. 05.

Digitized by Google

Pour les correspondances jouissant de la franchise de port, il n'est perçu que les taxe et droit indiqués sous les lettres *b*) et *c*) ci-dessus.

Les taxe et droit dont il s'agit doivent être représentés au moyen de timbres-poste de 1 couronne 50 heller, 2 couronnes 50 heller et 4 couronnes créés spécialement pour la poste aérienne.

Les bureaux chargés de recueillir les correspondances aériennes indiquent au moyen d'une affiche l'heure de fermeture des dépêches aériennes. La distribution de ces correspondances a lieu immédiatement après leur arrivée au bureau de poste de destination.

L'Administration des postes n'assume aucune responsabilité pour ces envois.

En cas de perte d'une correspondance aérienne, l'expéditeur a droit au remboursement intégral des taxes et droits perçus. Si le transport entre Vienne et Cracovie ou entre Cracovie et Lemberg exige plus de 12 heures à compter de l'heure de fermeture de la dépêche jusqu'au moment de sa remise au bureau de destination, l'expéditeur a droit au remboursement de la taxe indiquée sous la lettre *c*) ci-dessus contre remise de l'enveloppe ou de la carte postale, suivant le cas. Pour permettre de calculer la durée du transport, les correspondances aériennes sont frappées d'un timbre indiquant le lieu et l'heure du départ et l'heure de l'arrivée au point d'atterrissement. Pour ces réclamations, l'expéditeur peut céder ses droits au destinataire. Le délai de prescription pour les réclamations de taxes est de six mois, à compter du jour du dépôt à la poste.

Si un transport aérien n'a pas lieu ou si les correspondances ne peuvent être expédiées parce que le poids de chargement est dépassé, les envois sont rendus aux expéditeurs lorsqu'ils portent la mention « Retour à l'envoyeur, si le transport n'a pas lieu »; à défaut de cette mention, lesdits envois sont expédiés, soit par la prochaine poste aérienne, soit par le prochain courrier postal. La taxe perçue pour le transport aérien est remboursée à l'expéditeur lorsque l'envoi est expédié par la voie postale ordinaire.

Digitized by Google

## Matériel de démonstration de T. S. F. du Bureau d'essais télégraphiques de Berlin(1)

Il existe entre les phénomènes oscillatoires mécaniques et électriques une analogie assez complète pour que les premiers aient pu fréquemment servir à mettre en évidence les propriétés des seconds. Dans cet ordre d'idée, tous les physiciens connaissent les « pendules sympathiques » d'Olerbeck ; parmi les autres réalisations pratiques basées sur le même principe on peut citer encore l'appareil d'Ad. Franke représentant l'action d'un circuit excitateur sur une antenne, les modèles de systèmes couplés de Mandelstamm, ceux de Deutsch et de Oosting.

Les appareils décrits plus loin, établis par le Bureau d'essais télégraphique de Berlin, correspondent à divers systèmes récepteurs ; ils comportent certaines nouveautés parmi lesquelles il convient de noter : au point de vue du principe, l'emploi d'un levier du second genre pour l'établissement d'un couplage déterminé, procédé s'adaptant particulièrement bien à l'imitation des dispositifs récepteurs ; au point de vue pratique, l'application d'un petit nombre d'organes simples réunis en une véritable boîte de construction et permettant d'obtenir toute une série de montages variés.

L'élément essentiel de tous ces appareils est un oscillateur de forme spéciale, indiqué par le Dr Seibt, et formé d'un poids suspendu à l'extrémité d'un ressort hélicoïdal, ce dernier étant fait d'un fil plus fort dans les dispositifs représentant l'antenne.

L'organe de couplage consistait alors en une tige élastique à laquelle étaient suspendus les deux systèmes. Ce montage s'appropriait assez bien à la démonstration du fonctionnement d'un émetteur dans lequel un seul système subit l'ébranlement initial ; on le trouverait d'ailleurs également employé dans les autres séries de modèles citées plus haut.

Dans tout ensemble récepteur excité par un émetteur à étin-

(1) E. T. Z.

Digitized by Google

celle, l'un des systèmes couplés (le circuit d'antenne) reçoit des impulsions périodiques au passage des ondes oscillantes, les autres circuits étant de faibles dimensions par rapport à la longueur de celles-ci ne subissent de leur part aucune action directe, ils sont exclusivement influencés par les oscillations induites dans le circuit d'antenne.

Un modèle de récepteur doit donc être agencé de telle sorte qu'un seul des systèmes oscillants, celui représentant l'antenne, puisse être ébranlé périodiquement ; les autres seront excités seulement par l'intermédiaire de ce dernier, avec une intensité proportionnelle au degré de couplage, en toute indépendance des impulsions extérieures.

On satisfait à la première exigence en suspendant par un crochet à l'extrémité d'un ressort-lame le système représentant l'antenne. Pour imprimer à celui-ci de légères impulsions périodiques, on fléchit le ressort-lame, soit par une pression du doigt, soit au moyen d'un excentrique permettant de mieux préciser l'instant du choc initial et d'exercer sur le ressort une action périodique régulière. Il est avantageux de caler la manivelle sur l'axe de l'excentrique suivant le rayon correspondant à la plus forte excentricité. Avec le dispositif qui précède, on peut, en se réglant sur les battements d'un pendule, exercer sur le ressort des chocs réguliers dont la période diffère d'aussi peu qu'on le veut de celle du système oscillant.

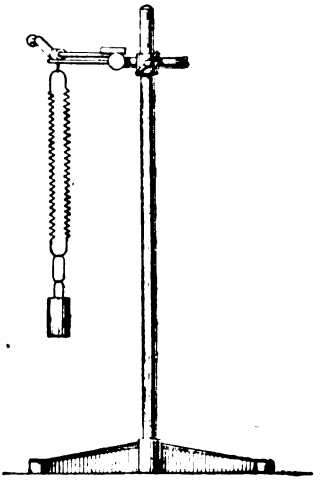


Fig. 1.
Oscillateur simple.

Ce montage est visible sur la figure 1 représentant un oscillateur simple.

Avant de décrire les appareils formés de deux ou plusieurs systèmes couplés par l'intermédiaire d'un levier, nous dirons quelques mots relatifs aux propriétés d'un système oscillant unique.

Digitized by Google

Soit un ressort de longueur $a$ non tendu, qui pour un allongement égal à l'unité de longueur développe une force $f$; suspendons à son extrémité une masse $m$.

Si nous désignons par $l$ l'allongement statique du ressort correspondant au poids de la masse $m$, nous aurons

$$l = \frac{mg}{f}.$$

(Dans le montage de la figure 1, une masse de 416 grammes produisait un allongement de 6 cm. 2.) Il en résulte

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

La période d'une oscillation complète (0 s. 5 dans l'exemple ci-dessus) d'un système de ce genre correspond donc à celle d'un pendule de longueur égale à l'allongement statique produit par le poids suspendu.

Dans toute installation réceptrice, le couplage a pour objet de transporter dans un circuit local les oscillations excitées par le champ extérieur dans l'antenne. Le couplage peut être soit inductif, les circuits étant alors électriquement isolés l'un de l'autre, mais associés par un champ magnétique, soit direct lorsqu'ils admettent un élément conducteur (capacité ou self-induction) commun. Les actions magnétiques s'exerçant en apparence à travers l'espace à l'exclusion des forces mécaniques utilisables, on ne peut construire de modèle mécanique imitant exactement le couplage inductif; en d'autres termes un certaine partie des masses oscillantes doit être commune aux deux systèmes. D'ailleurs on sait que les deux genres de couplage conduisent à la même équation différentielle.

Le dispositif permettant d'introduire cette fraction de masse commune aux deux oscillateurs est constitué par un levier du second genre monté de la façon suivante (fig. 2) :

Un ressort $f_1$ fixé à un point d'appui $A_1$ supporte une masse $m_1$ formée d'un plateau de balance chargé de poids. Au point d'attache $P_1$ de ce dernier s'articule un levier $P_1 D$ d'une longueur totale $l_1$ tournant autour de son extrémité fixe D. Un deuxième

Digitized by Google

ressort $f_2$ chargé d'une masse $m_2$ est suspendu par une articulation au point $A_2$ éloigné d'une longueur $l_2$ de l'articulation D, $l_2$ étant plus petit que $l_1$, $DA_2$ constitue le petit bras du levier.

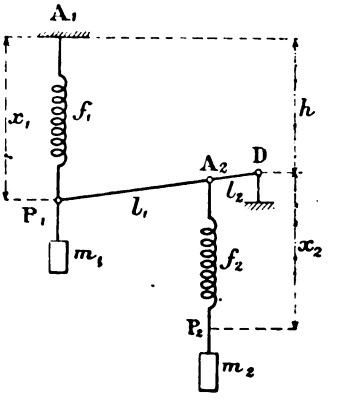



Fig. 2. — Systèmes couplés par un levier du second genre.

La fréquence propre du système $m_2$ $f_2$ (l'autre étant supposé fixe ainsi que le levier de couplage) dépend uniquement de $m_2$ et $f_2$. Si, par contre, nous rendons le système 2 invariable en supprimant le ressort et suspendant directement $m_2$ au point $A_2$, nous pourrons démontrer que le mouvement de $m$ sera celui d'une masse unique égale à $m_1 + m_2 \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2$.

La masse $m_1$ s'accroît ainsi d'un supplément ayant par rapport au point fixe D le même moment d'inertie que la masse $m_2$.

On peut aussi très simplement tenir compte de la masse du levier lui-même en augmentant $m_1$ d'une valeur correspondant au moment d'inertie de celui-là.

Le calcul montre aussi que le facteur de couplage magnétique $\frac{-M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ a pour équivalent dans le dispositif mécanique

$$x = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{m_2}{m_1 + \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^2 m_2}}.$$

Digitized by Google

De ces relations entre les grandeurs électriques et mécaniques, il résulte que l'on pourra construire un système mécanique de caractéristiques correspondantes à celles d'un système électrique donné, les relations numériques entre les grandeurs de chaque espèce présentant alors des rapprochements très étroits. C'est au seul point de vue du temps que subsisteront des différences essentielles.

Faisons maintenant quelques observations relatives aux oscillations d'un système couplé de ce genre.

Revenons d'abord au système unique et déterminons pour quelle charge du plateau de balance le système $m_1 f_1$, y compris le levier, et le système $m_2 f_2$ rendu invariable aura la même durée d'oscillation que le système $m_2 f_2$ seul. La condition se trouve remplie pour une charge de 238 grammes; avec 230 grammes les deux systèmes sont très vite et très nettement désaccordés.

Si nous suspendons la masse $m_2$ soit 416 grammes, à une distance $l_2$ égale à $\frac{1}{18}$ de $l_1$, pour établir la période d'oscillation du système primaire, il nous faudra diminuer la charge de $\frac{416}{324} = 1\,g.3$, pour $\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{4}$ de $\frac{416}{16} = 26$ grammes.

Nous vérifierons facilement ce calcul par l'expérience. En faisant ainsi varier la charge du plateau d'après la position de $m_2$, nous trouvons effectivement constante la quantité

$$m_1 + \left(\frac{l_2}{l_1}\right) m_2.$$

Pour les essais de résonance nous employons un métronome dont les battements mesurent le temps. Réglons le curseur à 120 pulsations par minute et faisons agir l'excentrique, à cette cadence, tout d'abord sur le système unique ; il entre en vibrations rapides ; si l'on interrompt les chocs, ces dernières décroissent très lentement, les causes d'amortissement étant très faibles, une expérience précise montre qu'après 110 oscillations complètes l'amplitude de celles-ci a diminué dans le

Digitized by Google

rapport $\frac{16}{30}$. Le décrément logarithmique a donc pour valeur le chiffre extraordinairement faible de 0,0057. Si nous possédions un système électrique d'amortissement aussi réduit, en l'excitant par des oscillations entretenues, il suffirait d'un écart de 0,6% sur la fréquence pour réduire de moitié l'amplitude. Si nous abaissons de 1% le curseur du métronome, nous ne remarquons d'abord aucune diminution appréciable de l'amplitude, mais nous constaterons par la suite un déphasage notable entre le mouvement oscillatoire et la série de chocs sensibles dans le mouvement de la manivelle ; au bout d'un certain temps l'oscillation finit par s'éteindre pour reprendre ensuite et disparaître de nouveau ; d'après la théorie, ce phénomène doit persister tout le temps que peut durer l'oscillation propre causée par le premier choc ; finalement il ne subsiste que l'oscillation forcée. Si donc on excite un circuit de faible amortissement par une action périodique non exactement en résonance avec lui, il ne se

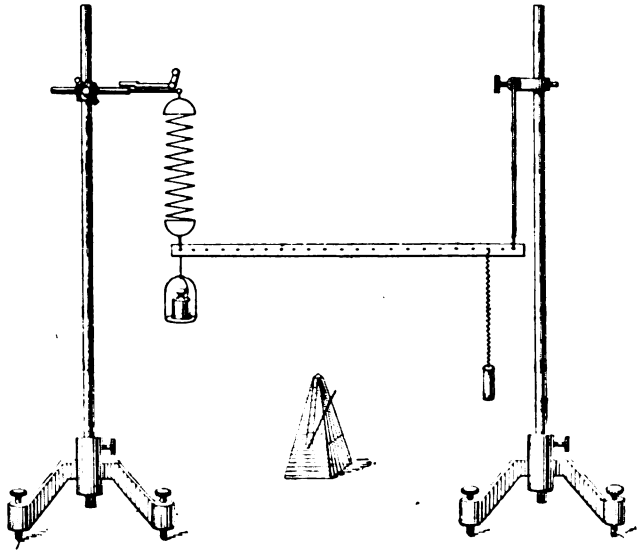


Fig. 3. — Deux systèmes en couplage lâche.

manifeste au cours des premières périodes aucune différence d'amplitude avec le cas de résonance parfaite. Les résultats sont

Digitized by Google

tout autres lorsque des trains d'onde viennent apporter de l'énergie dans un circuit. Si la résonance existe, l'amplitude atteint une valeur constante dans le cas des ondes entretenues ; si le phénomène excitateur est amorti, l'amplitude s'élève jusqu'à un maximum, puis décroît progressivement, le désaccord se manifeste ainsi par des battements et l'on constate des intervalles de temps où l'amplitude est presque nulle, la quantité mesurable $\int Ri^2 dt$ tombant à une valeur négligeable.

Passons aux systèmes couplés. L'existence des oscillations de couplage se démontre habituellement par les battements qui se produisent lorsqu'on ébranle un des systèmes par un seul choc. Le modèle représenté par la figure 3 peut également servir pour cette démonstration. Nous allons appliquer l'étude des battements au calcul du facteur du couplage.

Si $w_1$ et $w_2$ sont les deux fréquences de couplage, $w$ la fréquence fondamentale commune et $x$ le facteur de couplage, on a les relations :

$$w_1 = \frac{w}{\sqrt{1-x}} \qquad w_2 = \frac{w}{\sqrt{1+x}}$$

Les battements résultent d'une oscillation rapide de fréquence $\frac{w_1 + w_2}{2}$ dont les maxima sont inscrits dans la courbe d'une oscillation lente de fréquence $\frac{w_1 - w_2}{2}$. Si, partant d'un zéro de la courbe des oscillations rapides nous comptons $\frac{n}{2}$ périodes de ce mouvement pour une période entière du phénomène des battements, nous pourrons écrire :

$$w_1 + w_2 = n\,(w_1 - w_2)$$

ou bien

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{\sqrt{1+x}}{\sqrt{1-x}} = \frac{n+1}{n-1}$$

d'où $x = \frac{2n}{n^2+1}$. Pour une valeur de $n^2$ assez grande par rapport à l'unité, soit pour $n > 10$ environ, nous pourrons accepter

Digitized by Google

l'approximation $x = \frac{2}{n}$. Le facteur de couplage est donc l'inverse du nombre d'oscillations rapides comprises entre deux zéros de l'oscillation lente.

Suspendons à la distance $l_2 = l_1 \times \frac{2}{36}$ un système comportant une masse de 200 grammes, nous verrons que toutes les 24 ou, plus exactement, toutes les 23,7 oscillations, l'un des systèmes couplés passe par un instant de repos. On a déduit

$$x = 0{,}042$$

et pour les oscillations de couplage

$$v_1 = 122{,}5 \qquad v_2 = 117{,}5$$

Réglons le métronome sur l'une de ces fréquences puis excitons d'après ce rythme l'antenne fictive du système couplé ; les oscillations produites sont tout d'abord en concordance très sensiblement exacte avec les battements du métronome. Si, d'autre part, une fois les oscillations lancées, on arrête le métronome et l'on continue les impulsions en les réglant simplement à l'œil, on peut entretenir assez longtemps les oscillations comme on le ferait pour un oscillateur simple en résonance, mais on voit des battements intervenir pour un très faible écart de la fréquence forcée avec celle du métronome.

Imprimons une série de chocs réglés sur une des fréquences de couplages ; abandonnons ensuite le système à lui-même ; les oscillations continuent à la fréquence choisie sans donner lieu à des battements. Au contraire, il s'en produit toujours sous l'effet d'impulsions d'une fréquence autre que celle-là ; leur nombre est d'autant plus grand que la périodicité des ébranlements diffère plus de la fréquence de couplage la plus voisine.

La forme des battements est assez complexe, les maxima compris entre deux zéros consécutifs croissent d'abord pour diminuer ensuite.

On voit qu'un système ébranlé par des chocs réglés sur une des fréquences de couplage, puis oscillant en liberté, n'est pas



Digitized by Google

sujet à la dissipation d'énergie sous forme de battements qui se produit dans tout autre cas. Cette constatation est, je crois, nouvelle ; l'*horreur de la résonance* dont parle M. Wien dans son livre sur les systèmes couplés, n'existe donc pas au sens propre du mot, mais la fréquence propre commune aux deux éléments n'est pas la fréquence de résonance du système total.

Sous le rapport du maximum d'amplitude obtenu pour une fréquence d'excitation légèrement différente de celle de la résonance, les systèmes couplés présentent les mêmes particularités que les oscillateurs simples. Il en résulte le principe d'après lequel les récepteurs sensibles à la tension et par suite à l'amplitude des ondes ne peuvent comporter aucune sélection précise.

Pour obtenir une syntonisation plus rigoureuse que par le simple couplage, on se sert du couplage double avec circuit intermédiaire accordé. Ce montage est reproduit par le modèle de la figure 4 dans lequel deux appareils analogues au précédent sont

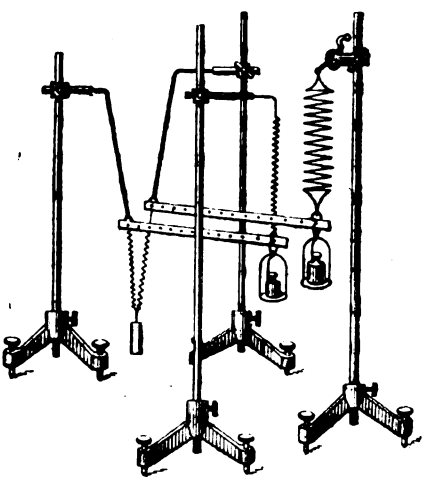


Fig. 4. —Deux systèmes en couplage lâche avec un système intermédiaire accordé.

couplés par un système accordé dont les ressorts s'articulent, l'un avec le premier oscillateur, l'autre avec le troisième.

Nous admettons, et l'expérience le prouve, que ce dispositif en donne une sélection précise que par l'emploi de couplages

Digitized by Google

lâches ; en conséquence, nous établirons des deux parts un couplage correspondant au rapport $\frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{18}$ ; par suite de la différence des masses en jeu dans les systèmes primaire et tertiaire les coefficients de couplage seront :

$$x_{12} = 0{,}042 \qquad x_{23} = 0{,}66$$

En étudiant le fonctionnement de ce modèle au moyen du métronome, on trouve qu'il entre en résonance pour une fréquence très voisine de 120, les amplitudes sont alors maxima sans aucune trace de battements. Par contre, la résonance semble moins aiguë en ce sens que l'ont peut s'éloigner du point d'accord plus que dans le cas précédent sans autre trouble que des battements à très longue période. Un fait à souligner est l'équilibre apparent du système intermédiaire dans les conditions de résonance. Le poids demeure immobile, les mouvements étant localisés dans le ressort. Si, par contre, on imprime une oscillation distincte de la résonance, le poids du système intermédiaire est animé de mouvements très marqués ; il oscille en synchronisme approché tantôt avec le primaire, tantôt avec le secondaire ; d'autre part les mouvements sont de même sens pour des fréquences inférieures à la résonance ; ils sont de sens opposés dans le cas contraire.

Les expériences qui suivent montrent combien, dans les récepteurs de tension (les cohéreurs par exemple), la résonance est peu marquée, même avec sélection double. On peut en effet construire un modèle mécanique imitant les appareils de ce genre. Au plateau du troisième oscillateur on suspend verticalement par des fils un pont dont les contacts inférieurs sont garnis de platine ; le poids de cet organe doit être déduit de la charge du plateau. Pour une amplitude convenable, ce dispositif établit une connexion instantanée entre deux fils de platine horizontaux ; un relais se trouve ainsi court-circuité, son armature se détache des noyaux et ne peut plus être attirée, lorsque cesse le court-circuit, sans avoir été soulevée à la main ; cette chute ferme le circuit d'une sonnerie.

Digitized by Google

Admettons que les ondes incidentes impriment en tout 40 pulsations ; le mouvement ainsi communiqué au système persiste après arrêt des impulsions. Nous constatons que pour la résonance l'amplitude des oscillations s'élève à 30 mm. après 50 périodes entières. En pratique, il n'était pas nécessaire d'attendre que l'amplitude maxima réelle fût atteinte dans chaque essai ; on se contentait d'en utiliser une partie en plaçant le système indicateur à une distance de 20 mm. atteinte en cas de résonance (120 battements par minute) au bout de 24 impulsions. Des fréquences voisines déclenchaient également la sonnerie, au bout des nombres de chocs inscrits dans le tableau ci-dessous:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fréquence : | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 |
| Chocs : | 56 | 24 | 23 | 24 | 25 | 26 | 44 |

On voit que dans les conditions précédentes le récepteur pouvait répondre à des trains d'ondes comprenant 40 pulsations pour des fréquences allant de 118 à 122 périodes.

Les détecteurs à intégration eux-mêmes ne donnent pas des résultats très différents de ceux-là sous l'action d'ondes amorties.

Avant l'intervention des battements qui, nous l'avons vu, diminuent l'effet total, le train d'ondes subit tout d'abord une réduction dans son ensemble. Dans le modèle expérimenté, le système tertiaire ne restait immobile après 40 impulsions que pour la fréquence 118. Les mêmes observations ont été faites, il me semble, dans la pratique de la télégraphie par étincelles et la valeur technique du circuit intermédiaire accordé ne s'est pas manifestée comme très bonne.

Dans ce qui précède nous avons supposé chacun des systèmes couplés accordé séparément sur une même fréquence. Cette hypothèse a, dans les premiers temps, servi de règle pour tous les montages de réception après qu'on eut découvert les avantages de la résonance. On observa par la suite l'intervention de deux ondes, fait qui détruisait en réalité la syntonisation cherchée ; on y remédia par des couplages lâches, mais cet expédient diminuait l'intensité de la réception dans une mesure telle qu'on per-

Digitized by Google

dait en grande partie l'avantage cherché dans la résonance : celui de fournir des oscillations de grande amplitude.

Nous allons maintenant passer à l'étude de systèmes dont les éléments ne sont pas du tout ou pas sensiblement accordés pour une fréquence donnée et déterminer par l'expérience les propriétés effectives de tels montages.

Mettons-nous dans les conditions où le premier plateau porte une charge $m_1$ de 200 grammes, renonçons ensuite à l'égalisation des poids couplés pour les différentes valeurs du couplage. Puisqu'il ne s'agit plus de conserver une fréquence de résonance fixée *a priori*, il n'est plus nécessaire de relâcher le couplage, au contraire nous pouvons lui donner une valeur plus forte à notre gré.

Un tel système étant excité périodiquement à la main, de telle façon que l'amplitude des oscillations croisse progressivement, on trouve qu'il présente encore deux fréquences propres dont chacune se conserve comme dans les systèmes syntonisés sans dégénérer en battements. Dans les conditions qui précèdent, les valeurs de fréquences constatées furent 104 et 137. Excitons le système en réglant au métronome le mouvement de l'excentrique sur l'une ou l'autre de ces cadences, les oscillations stables constatées à la main s'établissent immédiatement. Il est possible d'imprimer alternativement l'une et l'autre des oscillations, des battements se produisent naturellement dans ce cas.

Si l'on excite les systèmes suivant une périodicité voisine de la résonance, les deux oscillations fondamentales se séparent et des battements se produisent tout aussitôt. Les systèmes non accordés présentent donc dans leurs lignes essentielles les mêmes phénomènes que ceux qui le sont ; ces derniers donnent seulement une amplitude plus forte pour un couplage déterminé.

Cette différence restant la seule, on peut s'épargner la peine d'accorder les systèmes entre eux et par suite celle de les régler séparément, il suffira d'augmenter le couplage et de choisir des conditions telles qu'une des ondes de résonance s'accorde avec la fréquence à recevoir. Le couplage étant plus serré, les deux ondes diffèrent davantage et la syntonisation devient pratiquement toujours plus aiguë.

Digitized by Google

Le couplage limite le plus élevé possible est obtenu dans le dispositif actuellement très employé connu sous le nom de montage en volant. La figure 5 représente le schéma de sa réalisation électrique : une self réglable $L_1$, est montée le cas échéant en série avec l'antenne, d'une part, et de l'autre avec un deuxième solénoïde L mis à la terre et dont la self-induction est assez grande par rapport à celle de l'antenne. En parallèle avec cette self on monte un condensateur réglable C, l'ensemble L C forme un circuit accordé sur la fréquence des ondes reçues. Avec la self L on couple le circuit à détecteur D que la résistance de ce der-

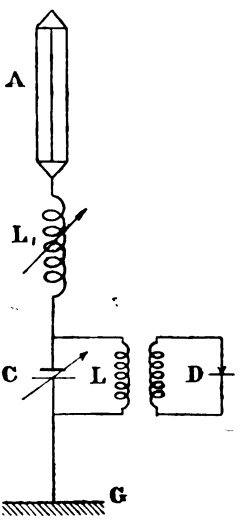



Fig. 5. — Montage en volant.

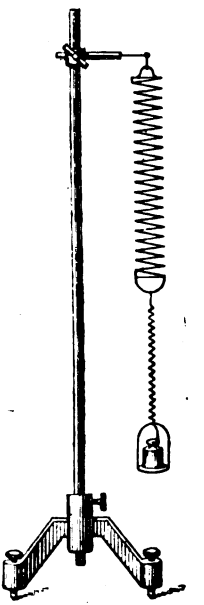


Fig. 6. — Systèmes en couplage serré, non accordés.

nier rend apériodique, les oscillations propres y sont par suite immédiatement étouffées.

Laissons provisoirement de côté le circuit à détecteur, le montage qui précède sera figuré mécaniquement par un système équivalent à l'antenne supportant un deuxième oscillateur dont la masse est relativement très forte.

Digitized by Google

Le condensateur réglable aura pour image un jeu de ressorts échangeables, de même forme, mais de longueurs différentes.

Dans le modèle représenté (fig. 6) nous voyons un ressort antenne auquel, par l'intermédiaire de ressorts plus légers échangeables, on suspend une masse de 550 grammes. Le système présente deux oscillations de résonance, l'une plus lente correspondant à peu près à la somme des élasticités des deux ressorts, l'autre plus rapide et dont la fréquence se rapproche de celle de notre antenne. Si l'on excite le système à l'une de ces fréquences on constate que les oscillations se maintiennent dans un régime stable. Pour l'oscillation lente, les deux éléments, antenne et masse, se meuvent dans le même sens; pour l'oscillation rapide, ils vont en sens contraires. On peut être surpris à première vue de voir dans ce dernier cas le poids relativement lourd animé d'oscillations aussi rapides, un examen plus attentif permet de constater qu'un nœud de vibrations se forme au bas du ressort antenne.

Avec une série de ressorts de même fil mais formés de divers nombres de spires, on peut régler un tel système pour un nombre donné d'oscillations, ce qui correspond à l'usage du condensateur variable associé à la self d'accord et de couplage.

Le modèle mécanique offre un moyen de réglage assurément plus commode ; il suffit de faire varier la charge du plateau de balance.

Cette simplification est réalisée dans un modèle donnant une représentation très complète du système de réception pour montage à volant couplé avec un circuit apériodique.

Dans cet appareil, le système oscillant suspendu au ressort-antenne s'articule au point de jonction du ressort auxiliaire et du poids avec un levier le couplant d'une manière assez lâche avec un troisième système. Dans le cas du montage électrique, ce dernier consiste en une bobine d'assez forte self et dont la capacité propre intervient seule. Il est opportun, avant l'adjonction du détecteur intégrant, de l'accorder sur une fréquence voisine de celle à recevoir. Pour obtenir ce résultat, le système mécanique de la figure 7 est formé d'un ressort court et robuste supportant

Digitized by Google

une lourde masse, l'ensemble donne une fréquence à peu près égale à celle du système principal. Un disque plongeant dans un vase d'eau rend le système apériodique. On pourrait pousser plus loin l'analogie en faisant travailler le disque comme piston d'une petite pompe recueillant l'énergie des impulsions successives.

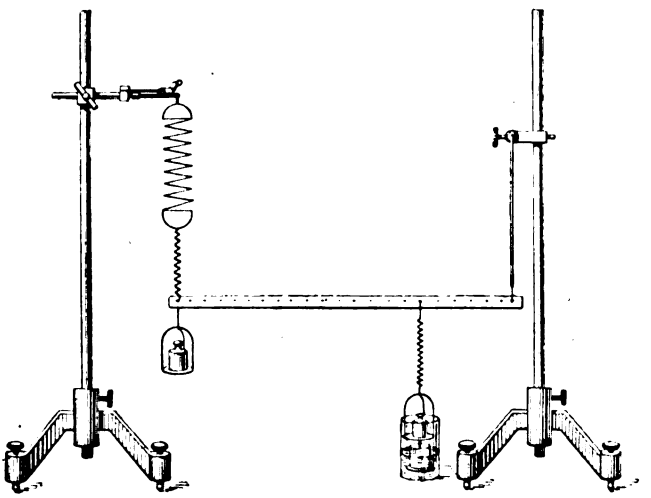


Fig. 7. — Modèle du montage à volant en couplage lâche avec un circuit apériodique.

Si l'on suspend le système apériodique en couplage lâche, ce qui correspond bien aux conditions pratiques de réception syntonisée dans la télégraphie par étincelles, il n'y a pas de réaction sensible du détecteur sur le système principal, aussi la sélection peut-elle être assez précise. Si, par contre, le couplage est serré comme dans la position *recherche* d'un récepteur pour ondes discontinues, le système principal se trouve également très amorti, donc peu susceptible de résonance.

Les dispositifs de réception pratiquement en usage comportent, en outre du montage décrit plus haut permettant d'augmenter la longueur d'onde de l'antenne, un système de commutation donnant le moyen d'obtenir des ondes plus courtes par l'emploi des mêmes éléments; il suffit pour cela de mettre le condensateur C, primitivement en parallèle avec la self L, en série avec celle-ci et l'antenne. Il existe également un modèle mécanique approprié à

Digitized by Google

ce montage : la figure 8 représente le double schéma électrique et mécanique de cet important dispositif. Le ressort *f* représentant le condensateur C se trouve tendu parallèlement au ressort-antenne entre un point fixe et le levier de couplage. De même que le condensateur en série diminue la capacité d'ensemble, le deuxième ressort, parallèle au premier, réduit l'élasticité totale.

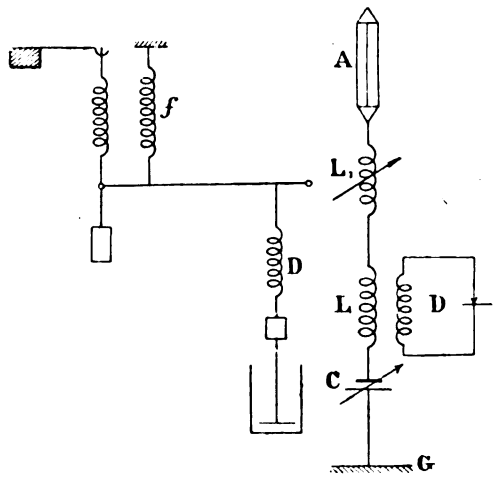



Fig. 8. — Montage électrique et dispositif mécanique pour la diminution des longueurs d'onde.

La figure 8 montre les deux ressorts fixés en des points légèrement différents du bras de levier ; pour que la correspondance soit exacte ils devraient s'attacher au même point, mais dans ce cas l'inégalité de force des deux ressorts entraînerait des complications dans la construction du levier.

Le ressort différentiel étant mis au bout du ressort d'antenne, l'onde courte de résonance a pour fréquence 72. Avec le montage en parallèle elle s'élève à 138, le ressort-antenne seul donne avec son poids la fréquence 106. Le même ressort peut donc allonger la période dans le rapport 100/68 ou la raccourcir dans le rapport 100/130.

La figure 9 représente les montages électrique et mécanique, grâce auquel un récepteur accordé sur une fréquence déterminée

Digitized by Google

peut éliminer les ondes d'une fréquence un peu différente au moyen d'une dérivation dans laquelle les ondes parasites entretiennent une onde stationnaire, le système récepteur étant connecté en un point mort de celle-là. Le montage électrique est dû à J. St. Stone et pourrait être appliqué sans doute au trafic simultané entre deux stations. L'antenne de réception voisine de l'émetteur du même poste est dans ce cas troublée par les ondes de ce dernier. En établissant une certaine différence entre les longueurs d'onde des deux postes, on pourra mettre en usage le système compensateur ci-dessus.

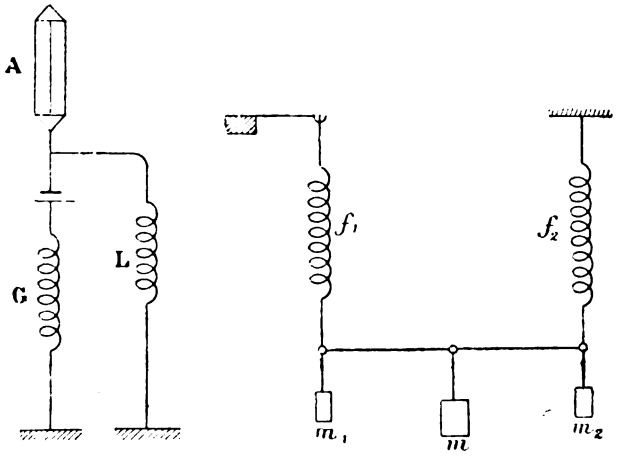



Fig. 9. — Dispositifs pour l'élimination d'une onde parasite.

Le montage électrique prévoit entre l'antenne A et la terre un système G formé d'un condensateur et d'une self et réglé de telle sorte qu'il se forme entre les deux systèmes un nœud de tension pour les oscillations parasites. C'est en ce point qu'on rattache la self L du récepteur pourvue ou non d'un condensateur de réglage ; on ajuste l'ensemble pour que la bobine B en série avec le système formé de l'antenne B et de la contre-antenne G en parallèle soit en résonance avec les ondes à recevoir.

Dans la représentation mécanique visible sur les figures 9 et 10 on emploie deux oscillateurs identiques, $f_1$ $m_1$, $f_2$ $m_2$, dont

Digitized by Google

l'un reçoit les impulsions et l'autre est suspendu à un support fixe. Ils correspondent à l'antenne et à la contre-antenne. Ils sont rattachés par une tige rigide. Le système étant excité suivant sa fréquence propre, le milieu de la tige reste immobile; suspendons-y un poids *m* figurant la self L ; pour une fréquence déterminée distincte de la première, le système oscille de telle sorte que la tige reste parallèle à elle-même sans présenter aucun balancement. On pourrait évidemment fixer au point neutre des ressorts permettant de raccourcir ou d'allonger la période, ils correspondraient aux condensateurs mis en parallèle ou en série avec la self.

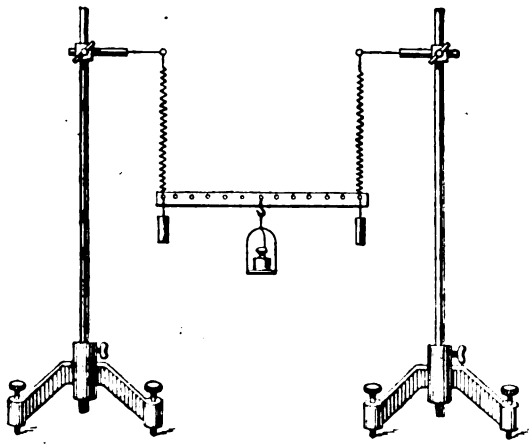


Fig. 10. — Système oscillant pour l'élimination d'une onde perturbatrice.

Si maintenant on ébranle le système d'après la fréquence à recevoir tout en faisant interférer la fréquence perturbatrice, on pourra noter l'existence d'un balancement du levier, mais ce phénomène sera sans influence sur le mouvement régulier du poids *m*.

Un dispositif de contact permet de montrer l'indépendance mutuelle des deux mouvements oscillatoires ; il consiste en deux buttoirs fixés verticalement au poids médian tandis qu'un bras porteur de contacts oscille avec le levier de couplage. Un courant fermé par les contacts met en évidence les oscillations parasites

Digitized by Google

tandis que les oscillations reçues se manifestent par le mouvement du point mort des balancements parasites.

Si l'on compare aux formules compliquées nécessaires pour une simple exposition des phénomènes de couplage, la simplicité de tels appareils permettant de reproduire exactement tous les détails des montages usuels, on reconnaîtra sans doute qu'ils sont particulièrement appropriés à l'illustration des phénomènes mis en jeu dans les récepteurs radiotélégraphiques.

## Nouveaux tarifs téléphoniques autrichiens.

De nouveaux règlements et tarifs téléphoniques ont été mis en vigueur en Autriche le 1er janvier 1917. Ils comportent comme précédemment six classes de tarifs A, B, C, D, E, F basées sur l'usage que l'abonné fait de son téléphone. Mais il existe maintenant huit catégories ou groupes de réseaux (classés d'après le nombre d'abonnés qu'ils desservent) au lieu de six antérieurement distingués. Le tarif D, qui précédemment s'appliquait au service urbain dans tous les réseaux, constitue maintenant un tarif rural applicable seulement aux quatre catégories de réseaux les plus restreints. La classe A comprend les abonnés à très grand trafic, la classe B les abonnés à trafic moyen, la classe C les abonnés à faible trafic, la classe E les lignes à 2 postes groupés, la classe F les lignes à 4 postes groupés. Dans le groupe I (bureaux desservant plus de 20.000 abonnés) le tarif est maintenant de 500 couronnes au lieu de 400 pour la classe A ; 400 au lieu de 330 pour la classe B ; 300 au lieu de 250 pour la classe C ; 200 au lieu de 180 pour la classe E ; 130 au lieu de 100 pour la classe F.

Dans le groupe II (5.001 à 20.000 abonnés), les tarifs ont été élevés comme suit : Classe A de 340 à 400 couronnes, Classe B de 280 à 320, Classe C de 220 à 240, Classe E de 145 à 170, Classe F 85 à 100.

Dans le groupe III (2.001 à 5.000 abonnés), le tarif est porté de 280 à 320 couronnes (classe A), de 240 à 260 (classe B), de 120 à 140 (classe E), de 70 à 80 (classe F) ; le tarif de la classe C, 200 couronnes, n'a pas été modifié.

Digitized by Google

Le tarif rural n'est pas applicable à l'une quelconque de ces quatre catégories de réseaux. Les groupes V, VI, VII et VIII comprennent les bureaux de 500 abonnés et au-dessous. Les tarifs des classes C, D, E et F s'appliquent aux deux premiers groupes et les tarifs C et D (tarif pour faible trafic et trafic rural) aux deux derniers groupes (bureaux de 50 abonnés ou au-dessous). Les tarifs ruraux sont respectivement pour ces quatre groupes : 90, 80, 70 et 60 couronnes. On voit que, d'une manière générale, les chiffres ont été augmentés uniformément, mais quelques tarifs économiques ont été introduits pour les abonnés reliés à de très petits bureaux et communiquant très peu.

Comme une couronne vaut 1 fr. 05 environ, les nouveaux tarifs sont donc approximativement pour le groupe I : 525 fr. (classe A), 420 fr. (classe B), 315 fr. (classe C) ; pour le groupe II : 420 fr. (classe A), 336 fr. (classe B), 254 fr. (classe C) ; pour le groupe III : 336 fr. (classe A), 213 fr. (classe B), 210 fr. (classe C).

On voit que le vieux principe d'une redevance forfaitaire proportionnée au trafic moyen reste en vigueur à l'exclusion de toute tendance vers le service à communications taxées. La répartition des abonnés en différentes classes s'opère d'après une échelle progressive. Par exemple la classe C est limitée à 3.000 appels par an, la classe B à 6.000 et la classe A à 12.000. Ce n'est que lorsqu'un abonné de la dernière classe dépasse 12.000 appels qu'il est invité à prendre une autre ligne. Il faut remarquer que ce maximum est plus que le double du chiffre admis en Angleterre et en Amérique comme suffisant pour nécessiter une seconde ligne ; une telle tolérance appliquée en Angleterre aurait pour conséquence un nombre excessif de réponses « pas libre ». Le nombre total des appels faits par les abonnés est relevé par des statistiques de fortune où l'on enregistre tous les appels ayant abouti ou non à une conversation ; pour compenser l'erreur ainsi commise, on accorde une tolérance de 30 pour cent pour la catégorie I, 25 pour cent pour la catégorie II et 20 pour cent pour la catégorie III.

Digitized by Google

# COMPTE RENDU DES PERIODIQUES

Revues françaises, par M. TAFFIN, Inspecteur à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. — Revues étrangères, par MM. DROUET et VIARD, Ingénieurs à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.

## PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

**Les nouveaux matériaux dans l'industrie électrique** (*L'Industrie électrique*, juin 1918).—Dans les pays alliés, les difficultés contre lesquelles l'industrie électrique a eu à lutter dès le début de la guerre provenaient du manque de produits, fabriqués en Allemagne ; par contre, les Alliés souffraient peu de la pénurie des matières premières. En Allemagne, la situation était tout autre, à cause du blocus exercé par les flottes alliées. Or, il est beaucoup plus difficile de remplacer une matière première que d'imaginer une nouvelle méthode de fabrication d'un produit pour lequel des matières premières seraient disponibles. Cette considération suffirait pour se faire une idée de la gêne qu'a dû subir l'industrie allemande. L'ingénieur T. Husberg a donné, dans une conférence faite devant un auditoire suédois, quelques renseignements sur la façon dont les Allemands sont parvenus à combattre cette gêne.

Dès le début de la guerre, ils se sont occupés de la question d'une manière systématique, et l'industrie électrotechnique s'est aiguillée dans cette voie. La plus grande difficulté à laquelle l'industrie électrique en Allemagne a eu à faire face, c'est la pénurie de *cuivre* et de ses alliages, la petite quantité de cuivre qui pouvait être produite dans le pays étant presque entièrement réservée aux besoins militaires. De même les approvisionnements en *aluminium* étaient limités, car de très grandes quantités de ce métal étaient nécessaires pour la construction des aéroplanes et munitions de guerre. Il y avait de même pénurie de *plomb*, de *nickel* et *d'étain* ; le *zinc* était abondant ainsi que le *fer* et l'*acier*. Des efforts ont été

Digitized by Google

faits pour employer le zinc à la place du cuivre, chaque fois que le fer était hors question et pour n'employer l'aluminium que lorsque le zinc n'était pas utilisable.

Il ne sera pas inutile de rappeler ici quelques propriétés des métaux en question (voy. tableau ci-dessous).

L'industrie électro-technique était tellement confinée dans l'emploi de conducteurs en cuivre, sans parler du faible emploi que l'on faisait de l'aluminium, qu'avant l'automne de 1914 l'emploi pratique d'autres métaux pouvait à peine être envisagé. En outre les métaux tels que le zinc et le magnésium ne se prêtaient pas à la fabrication industrielle des fils. Les Allemands ont tout de suite commencé à étudier des nouveaux moyens de production, et dans un temps relativement court ils ont atteint des résultats notables. Néanmoins, pour de nombreuses applications, le cuivre est resté indispensable.

| | CONDUCTANCE | DENSITÉ | POINT DE FUSION EN DEGRÉS C. | COEFFICIENT DE DILATATION PAR DEGRÉS C. |
|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 57,0 | 8,9 | 1084 | $1,7\times10^{-5}$ |
| Aluminium | 32,7 | 2,7 | 657 | $2,2\times10^{-5}$ |
| Magnésium | 22,0 | 1,7 | 630 | $2,2\times10^{-5}$ |
| Zinc | 16,0 | 7,2 | 420 | $3,0\times10^{-5}$ |
| Électron fondu | 16,0 | 1,8 | 620 | — |
| Électron comprimé | 16,0 | 1,8 | 620 | — |
| Fer | 7,0 | 7,8 | 1400 | $1,2\times10^{-5}$ |
| Acier | 5,8 | 7,7 | 1350 | $1,2\times10^{-5}$ |

Le *zinc* a été le premier succédané envisagé et ses qualités naturelles défavorables furent réduites ainsi que les difficultés de fabrication. La fabrication de fils de zinc fut bientôt rendue possible et la fragilité et la sensibilité aux changements de température furent rendues petites. Quoique les conducteurs en zinc aient toujours une faible résistance mécanique et une basse température de fusion, ils sont d'un emploi pratique pour certaines applications telles que les barres-omnibus. Dans quelques cas spéciaux, le zinc est employé même pour les enroulements de machines. Toutefois, il y a des cas où la faible conductance du zinc fait de lui un mauvais remplaçant du cuivre. Quant à sa ductilité, elle est satisfaisante à tel point que

Digitized by Google

des fils de 1 à 3,5 mm. de diamètre peuvent être enroulés vingt fois autour d'une baguette avant de casser. Le zinc se soude mal et la soudure doit être faite avec prudence à cause de la faible température de fusion.

L'*aluminium* était partout employé avant la guerre, et ses qualités ainsi que les méthodes d'usinage étaient bien connues. Cependant son emploi présentait des difficultés et des inconvénients à cause de sa faible résistance mécanique et de son faible point de fusion. Ayant une conductance double de celle du zinc, l'aluminium peut remplacer le cuivre dans la construction des machines et des différents appareils. Aussi la consommation annuelle mondiale d'aluminium a-t-elle été en 1913 de 10.000 tonnes. De plus, plusieurs alliages d'aluminium ont été employés et de nouveaux alliages ont fait leur apparition. Dans cet ordre d'idées il faut noter l'*électron* (10 °/₀ d'aluminium et 90 °/₀ de magnésium), le *magnalium* (90 °/₀ d'aluminium et 10 °/₀ de magnésium) et le *duralumin* (91 °/₀ d'aluminium et 9 °/₀ de cuivre).

Ces alliages, à côté du magnésium pur dont la conductibilité est comprise entre celle du zinc et celle de l'aluminium, furent employés principalement pour barres-omnibus et les pièces venues de fonte dans les appareils à haute tension.

Pour des applications où l'on a besoin d'une matière absolument non magnétique on emploie beaucoup l'*électron*.

Les Allemands ont développé l'emploi du *fer* pour des conducteurs électriques et ont fait faire des recherches pour réduire les inconvénients provenant de sa faible conductance. Lorsque les lignes sont trop fortes, l'*effet Kelvin* prend de l'importance; dans le cas des fils fins, le métal est vite rouillé. On a fabriqué des fils spéciaux avec une mèche d'acier et avec des couches d'un autre métal qui est meilleur conducteur. D'autre part on a étudié avec beaucoup d'attention les différentes méthodes de protection des fils de fer, en premier lieu par du zinc, mais aussi par une couche de cuivre. C'est surtout dans les lignes isolées que l'on se sert de ces couches protectrices.

Comme les trois métaux les plus importants : l'*aluminium*, le *zinc* et le *fer* ont commencé à être employés comme des remplaçants du

Digitized by Google

cuivre dans les conducteurs électriques, on a proposé d'introduire le mot mnémo-technique *kaze* pour rappeler les quatre métaux : le *cuivre* (Kupfer), l'*aluminium*, le *zinc* et le *fer* (Eisen) dont chacun a une conductibilité presque double de celle du métal qui suit.

Pour les matières isolantes, les Allemands manquaient beaucoup de caoutchouc, de coton, de jute, d'huile, d'amiante et de mica; un nombre important de matières remplaçantes plus ou moins satisfaisantes ont été fabriquées et mises à l'essai.

Un très bon remplaçant du *caoutchouc* a été trouvé dans le *caoutchouc régénéré*, c'est-à-dire les résidus raffinés. Cette matière est rendue meilleure pour certaines applications en la mélangeant avec du bitume ou avec d'autres substances goudronnées qui la rendent élastique. Un autre remplaçant du caoutchouc est fourni par un produit artificiel de phénol et de formaldéhyde, appelé *Faturan*. Ce produit n'est pas hygroscopique et peut, paraît-il, être préparé de façon à devenir ignifuge et inattaquable par les acides. Deux autres produits similaires : la *wenjacite* et l'*aswelite*, ont été lancés par la Siemens-Schuckert Gesellschaft.

Comme succédané de l'*huile*, la firme Voigt et Haeffner a employé un produit qu'elle appelle *benzinoforme*, un tétrachlorure de carbone qui ne brûle pas; mais les expériences n'ont pas donné de résultats satisfaisants, la matière étant trop volatile.

Le tableau ci-après, p. 476, montre l'usage que les Allemands ont fait des matières mentionnées plus haut.

Tous les nouveaux matériaux ci-dessus mentionnés ont été soumis à des règlements auxiliaires et leur emploi a provoqué des modifications dans les *Verbandsnormalien*. Ainsi pour les lignes aériennes, on doit employer des fils de fer; dans le cas des courants alternatifs et pour de grosses sections, lorsqu'on emploie des câbles, les fils individuels ne sont pas en général d'un diamètre inférieur à 1,5 m.m. pour éviter la rouille; de même leur diamètre ne doit pas dépasser 3 mm. pour rendre moins important l'effet Kelvin. Des règlements spéciaux, basés sur des essais soignés, ont été également proposés pour les conducteurs composés. Notons en passant que les fils de fer avec une couche d'aluminium sont employés en Amérique depuis plusieurs années avec de bons résultats.



Digitized by Google

| APPLICATION | MATÉRIAUX EMPLOYÉS | |
|---|---|---|
| | AVANT LA GUERRE | DEPUIS LA GUERRE |
| Lignes aériennes. | Fils de cuivre | Fils de fer. Un composé de fer et de zinc. Un composé de fer et d'aluminium. |
| Isolants et lignes isolées | Chanvre, jute. Conducteurs vulcanisés ordinaires. | Conducteurs isolés au papier. Conducteurs en fer, zinc ou aluminium le zinc et l'aluminium isolés au caoutchouc). |
| | Conducteurs flexibles pour des connexions mobiles. | Fils de fer flexibles. |
| | Câbles armés ou non, avec du caoutchouc et revêtement de plomb. | Câbles isolés au papier et revêtus de plomb plus mince. |
| Appareils tel que douilles de lampes, appareils de protection, interrupteurs, etc. | Cuivre, laiton. | Fer, aluminium, zinc. |
| Rhéostats. | Cuivre, nickeline | Manganine, fer, rhéostats liquides. |
| Barres omnibus. | Cuivre | Fer, zinc, électron, magnésium. |
| Machines. | Cuivre et coton | Zinc, aluminium, fer, papier |
| Courroies. | Cuir | Papier, bandes d'acier. |
| Lubrifiants. | Huile | Huile de graphite, solution potassique. |

Des conducteurs aériens en zinc seul sont peu employés, quoique des essais aient montré que l'on peut se servir de fils de zinc pour de très courtes distances entre pôles. Si l'on peut employer le fer ou le zinc pour des conducteurs souterrains, ils doivent être munis d'un revêtement de plomb ou protégés par tout autre moyen contre la corrosion.

Les règlements prescrivent en outre un certain nombre de précautions à prendre pour les joints dans les conducteurs aériens, spécialement pour les connexions entre fils de métaux différents.

*Lignes isolées.* — Déjà en décembre 1914 des règlements avaient été rédigés concernant les lignes isolées. Ces règlements prescri-

Digitized by Google

vaient que les conducteurs isolés devaient être faits en aluminium ou en fer flexible galvanisé ou revêtu de plomb, avec une conductance d'au moins 7. Les conducteurs uniques ne doivent pas avoir une section plus forte que 16 mm² et les câbles ne doivent pas avoir des fils individuels d'une section plus grande que 6 mm². Les conducteurs doivent être guipés avec du papier imprégné de 0,8 mm. à 1,2 mm. d'épaisseur suivant la section du conducteur. La surface doit être couverte avec un métal non corrosible (*pas le plomb*) de 0, 25 mm. d'épaisseur au moins.

Les conducteurs isolés décrits ci-dessus ne doivent être employés que pour de basses tensions et dans les locaux secs où ils seraient visibles. Les conducteurs isolés faits de la même manière, mais munis d'un revêtement de plomb, peuvent être employés dans des locaux humides s'ils sont fixés de façon à rester visibles.

La densité de courant dans les conducteurs en fer doit être prise dans la proportion d'environ 1 à 2, 8 de ce qui est permis pour le cuivre.

En mars 1915, les règlements ont été modifiés pour les fils isolés au papier, dans ce sens que le zinc avait été admis à être employé en fils massifs jusqu'à 16 mm² de section. Les sections minima ont alors été modifiées à savoir : 1 mm² pour le cuivre et l'aluminium, 1, 5 mm² pour le zinc et 2,5 mm² pour le fer. En outre on prescrivait l'emploi des conducteurs en zinc avec une couche isolante d'une composition de caoutchouc, pour la basse tension, sur les appareils fixes. Ce caoutchouc était fabriqué avec le plus grand soin avec les produits régénérés ; néanmoins il ne pouvait pas rivaliser avec le caoutchouc vulcanisé au point de vue de l'élasticité et de la dureté. Aussi a-t-il été ordonné que la couche isolante doit avoir au moins 1, 5 mm. d'épaisseur au lieu de 0, 8 mm. et encore fut-il stipulé que le fer ne pouvait compter parmi les conducteurs au caoutchouc, car, les fils de fer étant raides, l'isolant de caoutchouc régénéré est exposé à la détérioration.

Au début de 1916 il fut annoncé que, lorsque des tubes isolants en papier sont enfermés dans un tube non soudé, ce dernier peut être recouvert de zinc au lieu de plomb. En septembre 1916, lorsque la pénurie en matières premières devint encore plus pro-

Digitized by Google

noncée, il fut prohibé d'employer un revêtement de coton sur des conducteurs de zinc et d'aluminium d'une section de 16 mm² et plus.

Le tableau ci-dessous donne les densités de courant admises dans les conducteurs divers.

On voit, d'après ce tableau, que des conducteurs protégés par des fusibles de 6 ampères par exemple peuvent avoir 1 mm² quand ils sont en cuivre, 1 mm² quand ils sont en aluminium, 1,5 mm² en zinc et 2,5 mm² en fer.

| SECTION EN MM². | INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | CUIVRE. | | ALUMINIUM. | | ZINC. | | FER | |
| | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. | 1. | 2. |
| 1,0 | 11 | 6 | 8 | 6 | » | » | » | » |
| 1,5 | 14 | 10 | 11 | 6 | 9 | 6 | » | » |
| 2,5 | 20 | 15 | 16 | 10 | 11 | 6 | 8 | 6 |
| 4,0 | 25 | 20 | 20 | 15 | 13 | 10 | 10 | 6 |
| 6,0 | 31 | 25 | 24 | 20 | 16 | 10 | 12 | 10 |
| 10,0 | 43 | 35 | 34 | 25 | 23 | 20 | 17 | 15 |
| 16,0 | 75 | 60 | 60 | 35 | 40 | 35 | 30 | 25 |
| 25,0 | 100 | 80 | 80 | 60 | 52 | 35 | » | » |

*N. B.* — Dans la colonne 1 on a donné l'intensité de courant admissible ; dans la colonne 2, l'intensité de courant normale.

On a beaucoup combattu l'emploi de ces nouveaux conducteurs, mais des raisons pressantes ont déterminé leur emploi. En tout cas l'expérience paraît avoir donné des résultats favorables ; le fait que la Société des Ingénieurs allemands a rédigé des règlements pour l'emploi de ces matériaux offre une garantie suffisante. Des expériences montrent, par exemple, que les conducteurs en zinc ne sont pas plus exposés au danger de fondre que ceux en cuivre, principalement à cause de la quantité de matière plus grande qui est nécessaire pour la même intensité de courant.

*Matériel d'installation, instruments et appareils.* — Nous avons dit plus haut que le zinc, l'aluminium et ses alliages sont très

Digitized by Google

employés pour les barres-omnibus. Le fer aussi est employé pour cette application, mais dans ce cas les barres doivent être disposées d'une manière convenable quand il s'agit des courants alternatifs.

Le fer et le zinc sont maintenant normalement employés pour les douilles de lampe, les contacts muraux, les interrupteurs pour les appareils de sécurité jusqu'à 350 ampères, pour les démarreurs et résistances de réglage jusqu'à 100 ampères, etc. Pour les démarreurs on commence à employer beaucoup l'eau.

Lorsque le fer et le zinc ne sont pas utilisables à cause de leur faible conductance, on les remplace par l'aluminium. En outre, toutes les parties mobiles des contacts et les dispositifs d'interruption brusque qui sont exposés aux arcs doivent être faits en cuivre ou être munis d'une couche de cuivre ou d'un alliage de cuivre. Le zinc et l'aluminium ont en effet un point de fusion trop bas pour ces applications.

En ce qui concerne les interrupteurs et les autres appareils, dans le cas de courants intenses, les expériences des dernières années montrent que le fer et le zinc peuvent souvent être employés avec avantage. Les Allemands ont introduit l'emploi de métaux spéciaux dans les différents compteurs et appareils de mesure.

*Machines et transformateurs.* — Les Allemands ont d'abord essayé d'employer le zinc pour les enroulements des transformateurs et ensuite pour les enroulements des machines. Ils ont également employé le fer pour les collecteurs. L'expérience a donné les résultats suivants :

| Appareils. | Rendement en °/₀ |
|---|---|
| Transformateurs avec enroulements en zinc..... | 60 |
| Moteurs triphasés..... 40 à | 60 |
| Machines à courant continu avec enroulement inducteur en zinc, collecteur en fer et enroulement induit en cuivre..... | 80 |
| Machines à courant continu avec les deux enroulements en zinc et collecteur en fer..... | 50 |

Toutes les machines avec des métaux de remplacement (*ersätze*) ont naturellement un rendement relativement petit, de même que les moteurs triphasés ont un facteur de puissance plus petit.

Digitized by Google

Les tableaux ci-après résument les règles adoptées par les Allemands dans l'emploi des nouveaux métaux.

| TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS JUSQU'A 30.000 VOLTS. | ENROULEMENTS | | |
|---|---|---|---|
| | AU-DESSOUS DE 15.000 VOLTS | DE 15.000 VOLTS A 20.000 VOLTS | DE 20.000 VOLTS A 30.000 VOLTS |
| 15 kv-a..... | Aluminium | Aluminium | Aluminium |
| De 15 à 25 kv-a..... | Zinc | Aluminium | Aluminium |
| De 25 à 50 kv-a..... | Zinc | Zinc | Aluminium |
| De 50 à 250 kv-a..... | Zinc | Zinc | Zinc |
| Au-dessus de 250 kv-a..... | Aluminium | Aluminium | Aluminium |

Pour les machines et transformateurs avec enroulements en cuivre et en aluminium, le nouveau règlement admet une température supérieure de 10 % à celle des cas ordinaires. Pour l'isolement le papier est très employé à la place du coton.

| MACHINES JUSQU'A 1000 TOURS PAR MINUTE. | ENROULEMENT | | BAGUES COLLECTRICES AU COLLECTEUR |
|---|---|---|---|
| | DU STATOR. | DU ROTOR | |
| Moteur asynchrome triphasé de 100 à 5000 volts ; | | | |
| Jusqu'à 0,3 kw..... | Cuivre. | Cuivre. | Cuivre. |
| De 0,3 à 10 kw..... | Aluminium. | Zinc ou aluminium. | Fer. |
| De 10 à 80 kw..... | Zinc. | Zinc. | Fer. |
| De 80 à 175 kw..... | Aluminium. | Aluminium. | Fer. |
| Au-dessus de 175 kw..... | Aluminium. | Facultatif. | Facultatif. |
| Machines triphasées synchrones de 100 à 5000 volts : | | | |
| Jusqu'à 70 kv-a..... | Zinc. | Zinc. | Fer. |
| De 70 à 250 kv-a..... | Aluminium. | Aluminium. | Fer. |
| Au-dessus de 250 kv-a..... | Facultatif. | Facultatif. | Fer. |
| Machines à courant continu de 100 à 500 volts : | | | |
| Au-dessous de 2 kw..... | Cuivre. | Cuivre. | Cuivre. |
| De 2 à 10 kw..... | Aluminium ou cuivre. | Cuivre. | Fer. |
| De 10 à 35 kw..... | Aluminium. | Aluminium. | Fer. |
| De 35 à 175 kw..... | Zinc ou aluminium. | Aluminium. | Fer. |
| Au-dessus de 175 kw..... | Aluminium. | Cuivre. | Cuivre. |

Digitized by Google

En outre, on a adopté généralement les roulements à billes pour éviter l'emploi des alliages de cuivre dans les paliers ordinaires et pour réduire la consommation des lubrifiants. — S. Frid.

## PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

**Les services publics pendant la guerre** (*Telephone Engineer*, février 1918). — Depuis trop longtemps le peuple américain a pris l'habitude de critiquer de parti-pris les services publics et les grandes corporations. Cette disposition d'esprit lui fait méconnaître le rôle hautement patriotique que ces grandes organisations ont joué dans tout le pays et qu'elles jouent actuellement dans la plus grande crise de notre histoire. Malgré les règlements draconiens qui entravent leur activité, malgré les innovations malheureuses que de trop zélés réformateurs ont lancées du haut de la tribune législative, nous trouvons les grandes corporations fidèles au gouvernement, prêtes à l'aider de bon cœur en cette heure de besoin. Les grandes compagnies de chemins de fer et les autres services publics se sont mis virtuellement en la disposition de l'État. Tous lui offrent leurs services et leur matériel pour qu'il puisse faire face aux exigences présentes le plus rapidement et le plus efficacement possible. Il a été reconnu récemment que près de 5 % du trafic téléphonique actuel est de nature purement officielle. A ces nécessités nouvelles créées par l'état de guerre, il faut faire face tout en écoulant le trafic normal antérieur. Il y a pourtant des hommes et des femmes d'un esprit assez fermé pour ignorer ces conditions spéciales et se plaindre continuellement que leur service téléphonique est moins bien assuré qu'il ne l'était en temps de paix. Cette absence de jugement, ces exigences inconsidérées ne peuvent que gêner la marche régulière des affaires publiques et même privées.

Ces remarques s'appliquent également à l'exploitation des chemins de fer. Le public qui voyage est porté à se révolter et à crier parce que les choses ne sont plus ce qu'elles étaient avant l'entrée en guerre des États-Unis. Il ne peut comprendre pourquoi les compagnies de chemins de fer qui rencontrèrent les plus grandes difficultés pour trouver les approvisionnements et le matériel nécessaires

Digitized by Google

à leurs nouveaux besoins brusquement révélés, ne peuvent maintenir leurs tableaux de service d'il y a quelques mois. En fait, les chemins de fer sont critiqués plus durement qu'ils ne l'ont jamais été naguère. Pourtant, comme tous les autres services publics, ils font constamment et simplement leur devoir.

**Nouvel appareil télégraphique imprimeur** (*The telegraph and telephone Journal*, mai 1918). — Une très intéressante conférence a été faite au club espagnol à Londres, le 7 avril, par M. Balsera, sur un nouveau système d'appareil imprimeur de son invention. Cet appareil rappelle à première vue le « Hughes » ; toutefois, alors que, dans ce dernier système, le fonctionnement est presque entièrement mécanique, M. Balsera a rendu électriques les 4/5 des opérations. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'un distributeur placé à l'arrière du mécanisme récepteur (d'aspect analogue au traducteur Baudot) et en connectant les contacts aux différentes touches du clavier, afin d'obtenir soit le contrôle local, soit la réception.

Le synchronisme entre les appareils de départ et d'arrivée est réalisé par un dispositif analogue à celui du Baudot, par l'effet des courants de correction, et l'orientation par le placement convenable des contacts de réception.

Un rendement élevé peut être obtenu par ce fait qu'il est possible de transmettre jusqu'à 14 signaux par révolution, au lieu des 5 que permet seulement le Hughes.

Dans le service courant, cette proportion serait sans doute considérablement réduite et il est probable que le rendement pratique serait de 40 ou 45 mots par minute pour le Balsera, contre 30 mots pour le Hughes.

**Appels simultanés sur les lignes téléphoniques** (*Telephone Engineer*, février 1918). — On peut évaluer par le calcul des probabilités l'influence du nombre d'opératrices et celle du nombre et la durée des appels sur les positions « A » et « B ».

L'appel automatique étant déclenché par une pression sur le bouton du circuit d'appel, il est entendu qu'une opératrice ne doit

Digitized by Google

pas se déranger de sa ligne de conversation avant d'avoir donné satisfaction à l'appel en cours. (Il n'est pas ici question d'un bureau n'ayant qu'une seule téléphoniste, car dans ce cas elle doit attendre qu'elle ait fini d'établir une communication avant de passer à une autre.)

*Cas particulier.* — Soient trois cents appels de trois secondes chacun par heure. Dans n'importe quelle période des trois secondes il y a une chance égale pour l'arrivée d'un appel ; d'où il y en a $\frac{60}{3} \times 60 = 1200$ par heure ; c'est-à-dire, que la possibilité d'un appel (un seul) survenant dans n'importe quelle période donnée sera $y = \frac{1}{1200} \times$ le nombre total d'appels. La possibilité de deux appels survenant dans n'importe quelle période donnée sera $y \times y = y^2 = \left(\frac{300}{1200}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 0{,}25)^2 = 6{,}25$ °/₀ ; la possibilité de trois appels survenant dans n'importe quelle période donnée $y \times y \times y = y^3 = (0{,}25)^3 = 1{,}562$ °/₀ ; la possibilité de $c$ appels survenant dans n'importe quelle période donnée $y^c$ ; la possibilité de tous les 300 appels survenant dans une période donnée $y^{300}$. La possibilité de la réception de plus d'un appel dans n'importe quelle période donnée, c'est-à-dire le nombre total de chances de conflit sera la somme de toutes les possibilités, soit $y^2 + y^3 + \ldots + y^{300}$ en supposant qu'il y ait assez d'opératrices pour établir 300 appels simultanés. S'il n'y a que deux opératrices dans un bureau, il ne peut se présenter plus de deux appels en même temps ; par conséquent, la possibilité de conflit sera $y^2 = 0{,}25^2$ soit 6,25 °/₀. S'il y a trois opératrices, 2 ou même 3 appels peuvent se faire en même temps et la probabilité de conflit sera $y^2 + y^3 = (0{,}25)^2 + (0{,}25)^3 = 0{,}0625 + 0{,}01562$, soit 7,812 °/₀ et ainsi de suite jusqu'à 300 opératrices. Mais quand le nombre d'opératrices dépasse neuf, une augmentation ultérieure de leur nombre n'influence pas d'une manière appréciable la probabilité de conflit (en admettant que les 300 appels soient faits en une heure), la probabilité étant de 8,338 °/₀.

*Cas général.* — Le nombre d'appel par heure étant $c$ ; la partie fractionnaire de l'heure occupée par un seul appel étant $f$ ; le rap-

Digitized by Google

port des conflits au nombre total d'appels (déduit par la même méthode que dans le premier cas) sera

| | | | |
|---|---|---|---|
| $(cf)^2$ | dans un bureau n'ayant que | 2 | opératrices |
| $(cf)^2 + (cf)^3$ | — | 3 | — |
| $(cf)^2 + (cf)^3 + (cf)^9$ | — | 9 | — |
| $(cf)^2 + (cf)^3 + \ldots + (cf)^n$ | — | $n$ | — |

Ces résultats ont été contrôlés expérimentalement pour les cas principaux.

**Le téléphone automatique à Washington** (*Telephone Engineer*, avril 1918, vol. XIX, n° 4). — L'installation d'un système automatique à Washington a été décidée pour répondre au désir de ceux qui demandent un service téléphonique plus rapide.

Le système automatique permettrait à une seule téléphoniste de faire le travail de quatre ou plus. Les experts prétendent qu'il réduirait à quelques secondes le temps nécessaire pour obtenir une réponse.

Actuellement, le plus grave problème pour la Compagnie est de se procurer assez de jeunes filles pour assurer le service. Selon l'opinion des experts, l'installation du système automatique diminuerait graduellement la congestion et fournirait à Washington un service beaucoup plus régulier.

M. Slyvan, dans une récente réunion, déclara que la Western Electric Company était prête à fabriquer les appareils automatiques et que les dernières mesures en vue de l'exécution de ce travail étaient prises.

On se propose d'installer d'abord le système dans la partie basse de la ville et de le ramifier ensuite dans la partie occupée par les résidences.

On espère que dans deux ans, peut-être dix-huit mois, le système téléphonique de Washington sera entièrement automatique. La valeur de l'automatique avait été reconnue par la Compagnie devant la Commission des Utilités dans des réunions pour la fixation des tarifs et la raison qui motiva la non-adoption du système avait été le temps nécessaire à son installation.

L'exécution de ce travail coûtera plusieurs millions de dollars.

Digitized by Google

**Dérangements sur les câbles téléphoniques souterrains** (*The Telephone Bulletin*, avril 1918). — Les dégâts causés à nos câbles pendant l'hiver dernier et la période de dégel de mars furent beaucoup plus importants que ceux que l'on avait constatés depuis bien longtemps. Au service des lignes, on estime que l'on dépensera pour la réparation des enveloppes de câbles brisées, l'enlèvement des tronçons de câble court-circuité et leur remplacement par des sections neuves au moins cinq fois la somme affectée jusqu'alors au même travail dans une année.

Les dérangements souterrains furent assez graves pour interrompre parfois complètement le service. Ils se produisirent partout et chaque bureau téléphonique eut à en souffrir pendant les mois d'hiver. C'est dans les villes côtières, depuis Stamford jusqu'à New-London, que les dégâts furent les plus importants ; dans les villes de l'intérieur ils entravèrent néanmoins suffisamment le service pour fournir continuellement aux ouvriers des lignes un travail quotidien considérable.

La rigueur de l'hiver fut la cause de ces dérangements et il peut être bon de dire brièvement comment un froid excessif joint à au dégel exceptionnel ravagea, dans tout l'état, notre réseau téléphonique souterrain.

Il y avait de l'eau dans la plupart des trous d'homme et un pied (0$^{m}$ 30) ou plus de neige et de glace dans les rues. Chaque journée moins froide amenait le dégel sur la chaussée des rues, ce qui augmentait l'eau des trous d'homme. L'eau s'infiltrait ainsi dans notre réseau souterrain ; peu après, la température ne tardait pas à redevenir glaciale ; cette eau se congelait et la couche de glace formée au fond des trous d'homme augmentait constamment d'épaisseur. C'est ainsi que dans notre territoire plusieurs centaines de trous d'homme furent, petit à petit, remplis par des blocs de glace dont quelques-uns avaient six pieds (1$^{m}$ 80) ou plus de hauteur sur quatre pieds (1$^{m}$ 20) de largeur. Pour atteindre les câbles, on dut, dans plusieurs cas, briser en morceaux ces blocs de glace et en extraire un à un les débris. Pour montrer l'importance de ce travail, on peut dire qu'il fallait à une équipe d'ouvriers travaillant pendant deux jours et demi pour déblayer un trou d'homme dans

Digitized by Google

New-Haven. Les hommes travaillèrent ainsi dans l'eau glaciale, souffrant cruellement du froid.

Quand un trou d'homme était plein de glace ou même à moitié plein, un léger dégel envoyait de l'eau dans les conduits souterrains où plus tard cette eau gelait. En gelant, elle augmentait de volume et la grande pression qui s'exerçait alors sur l'enveloppe de plomb du câble était telle que l'isolant de papier des conducteurs du câble fut percé. Les fils, dépourvus d'isolement, furent en contact, et il en résulta de nombreux mélanges.

Quelques-unes de nos lignes furent aussi mises hors de service par l'eau et la glace d'une autre manière. Dans quelques cas, la pression de l'eau glacée fendit l'enveloppe de plomb ; quand le dégel se produisit, l'eau filtra à travers ces fentes. Le papier isolant étant poreux, transporta par capillarité l'eau le long du câble à l'intérieur de l'enveloppe, de sorte que, sur une longueur de plusieurs pieds, le câble fut imprégné d'eau et la ligne inutilisable. Le câble ainsi détérioré dut être enlevé et remplacé par un autre câble sec.

**Appels téléphoniques abusifs** (*The telegraph and telephone journal*, mars 1918). — La guerre a modifié profondément les conceptions économiques du temps de paix ; on trouve un très curieux exemple de ce changement dans les mesures envisagées par l'administration des téléphones contre l'abus des communications téléphoniques, même au régime de la conversation taxée. En temps normal, un commerçant bien avisé s'attache à vendre la plus grande quantité possible du produit dont il dispose sous la seule réserve qu'il en tire un bénéfice raisonnable. Sans doute, une considération plus élevée de l'intérêt social amènerait-elle à condamner la vente exagérée d'articles inutiles ou superflus, mais, dans le monde du commerce, on n'y regarde pas aussi loin ; plus on vend à bon prix, plus on est content.

Il y a quelques années, alors que le système d'abonnement forfaitaire constituait la règle, la question des communications abusives souleva des controverses violentes et devint un des principaux arguments en faveur de la conversation taxée. Mais les compagnies téléphoniques ne formulaient aucune objection contre les appels inutiles

Digitized by Google

du moment que les abonnés en payaient la taxe. C'était simplement une question de luxe et le cas était très différent de celui des communications abusives au régime forfaitaire où l'on pouvait comparer l'abonné trop bavard au gourmand dînant à table d'hôte et mangeant plus que de raison parce qu'il a payé pour un dîner « ad libitum ».

Mais l'axiome d'économie pratique jugeant qu'un appel téléphonique n'est plus abusif dès lors que l'abonné le trouve assez sérieux pour être payé, n'est plus admissible en état de guerre où le développement des communications officielles et l'importance du trafic commercial assurés par un personnel réduit rendent parfaitement indésirable le fait qu'un abonné se serve de son téléphone par simple passe-temps, pour satisfaire sa curiosité ou bavarder avec ses amis.

Il serait toutefois difficile d'établir une délimitation rigoureuse entre les communications utiles et celles qui sont purement superflues, mais il est permis de faire instamment appel à la bonne volonté des abonnés pour qu'ils renoncent d'eux-mêmes à tout abus des facilités de conversation qu'ils possèdent, ainsi qu'à leur bon sens pour qu'ils se rendent compte de la gêne apportée au trafic général par toute communication futile.

**Restrictions dans l'usage du téléphone** (*Telephone Engineer*, février 1918). — Lorsque les journaux ont parlé pour la première fois de la « conservation de la conversation », le public s'amusa du jeu de mot sans attacher beaucoup d'importance à la chose. Et pourtant cette question commence à prendre une importance qui n'est dépassée que par celle de la conservation du charbon et du blé. L'augmentation extraordinaire du trafic officiel, l'accroissement de l'usage du téléphone dû à l'activité industrielle développée par la guerre. ont surchargé les réseaux téléphoniques handicapés par le départ d'opérateurs et l'insuffisance de matériel. Il devient nécessaire que le public ne se serve du téléphone que pour les communications urgentes et que les compagnies prennent des mesures pour obtenir ce résultat.

Tandis que la restriction du nombre total des appels aurait seule-

Digitized by Google

ment pour effet de diminuer la main-d'œuvre nécessaire, une réduction de durée de l'unité de conversation produirait une économie plus complète. Ceci concerne d'ailleurs seulement les lignes locales, celles à longue distance étant depuis déjà longtemps exploitées de cette manière plus économique.

En se basant sur le principe que les communications à longue distance sont généralement plus importantes que les messages locaux, la limite de durée de ces derniers rencontrera moins de résistance dans le public puisque l'unité normale interurbaine de 3 minutes est déjà passée dans l'usage.

Le personnel téléphonique et le public savent qu'ordinairement les conversations les moins importantes sont les plus longues. Comparativement, très peu d'appels commerciaux ou même de communications particulières ayant un objet bien défini excèdent la durée de trois minutes.

Les appels dépassant la durée d'une unité sont proportionnellement rares sur une ligne interurbaine, tout supplément de durée se payant assez cher.

Pour les postes d'abonnés à payement préalable, sur les lignes à postes groupés, l'unité de conversation est généralement limitée à cinq minutes à l'expiration desquelles le demandeur doit renouveler le payement de la taxe. La simple application de cette règle donnerait de bons résultats dans les sections des grandes villes desservant les habitations privées ; une tentative est déjà faite par la téléphoniste pour mettre un terme à la conversation au bout des cinq premières minutes. Il est à recommander que, pendant la durée de la guerre, la règle de cinq minutes pour les postes à payement préalable soit aussi rigoureusement observée que la règle interurbaine de trois minutes.

Des nouvelles venant de Washington D. C. rapportent qu'une maison de cette ville a « hooverisé » (1) son service téléphonique en prohibant l'emploi de ses appareils pour tout appel non commercial. Si cette mesure devenait générale il en résulterait, sans aucun

(1) On sait que M. Hoover est le ministre qui s'occupe des restrictions aux Etats-Unis.

Digitized by Google

doute, une aussi grande économie que celle qui résulte de notre observation volontaire des restrictions en blé et en nourriture. Mais s'il fallait compter uniquement sur l'initiative des clients du téléphone, il est douteux qu'on puisse obtenir une amélioration très sensible.

Les directeurs des bureaux trouveront plus facilement que nous les méthodes par lesquelles les abonnés pourront collaborer à l'économie dans le service. Il serait tout indiqué de leur présenter ces mesures comme un devoir patriotique. Cela pourrait faciliter leur application.

Les moyens à la disposition des compagnies ne manquent pas non plus. Aucune compagnie ne peut imposer une nature spéciale de communication, mais elle peut prescrire une durée raisonnable pour chacune d'elles. Cette mesure, comme nous l'avons dit précédemment, éliminera beaucoup des conversations inutiles.

Le fait que les ingénieurs des téléphones ont perfectionné les appareils au point qu'il est aussi facile de téléphoner que de converser directement ne devrait pas être l'origine d'un abus illimité de ce nouveau privilège.

Quelques restrictions judicieuses dans l'emploi du téléphone contribueraient à faire mieux apprécier la plus merveilleuse application de la science.

**Bureau téléphonique et télégraphique du Ministère de la Guerre aux États-Unis** (*The Transmitter*, juin 1918). — L'accroissement extraordinaire du nombre d'affaires gouvernementales traitées au Ministère de la Guerre à Washington, par téléphone ou par télégraphe, a nécessité la construction d'un très important bureau télégraphique et téléphonique, réservé exclusivement au Ministère de la Guerre. Les travaux commencés en janvier 1918, ont battu tous les records de vitesse. Le bureau se trouve dans un immeuble situé au n° 1723 F. Street N. W. et se composant d'un sous-sol et de 3 étages ; la façade a une longueur de 44 pieds (13$^{m}$ 40) et l'immeuble s'étend sur 114 pieds (34$^{m}$ 75) de profondeur. La maison, de haut en bas, est complètement incombustible.

Digitized by Google

Les parquets sont formés de dalles en ciment armé supportées par des poutres en acier massif traversant les larges murs incombustibles. Tous les chambranles et les châssis des fenêtres sont en métal ; les vitres sont en verre armé ; les fenêtres sont munies de poids et de chaînes fusibles qui les fermeraient automatiquement, en cas d'incendie à l'intérieur ou à l'extérieur du bureau. Une sortie de secours consistant en un escalier extérieur en fer est ménagée à l'arrière du bâtiment pour procurer l'accès direct sur la voie publique en cas de danger.

Le multiple téléphonique du Ministère de la Guerre est placé dans une grande salle occupant tout le 3e étage. L'installation n'est pas encore terminée. Ce multiple, prévu pour 8.000 abonnés, est du type actuellement employé dans les grands bureaux centraux téléphoniques desservant des cités de 40 à 50.000 habitants.

Il comprendra 25 sections à 3 positions chacune, soit en tout 75 opératrices. En cas de nouveaux besoins, il pourra supporter une nouvelle extension portant sa capacité à 10.000 lignes et à 100 positions d'opératrices.

Le second étage de l'immeuble comprend différentes salles aménagées pour le confort des téléphonistes : salle de repos, vestiaire, réfectoires (avec fourneaux à gaz, évier, cuisine, etc...), lavabo, et en outre, une salle disponible qui pourra servir à une installation téléphonique supplémentaire éventuelle.

Le premier étage comporte la salle du répartiteur téléphonique, un local réservé au bureau télégraphique et enfin le bureau du chef du service nommé directeur des téléphones.

Au sous-sol se trouvent les appareils de chauffage, la réserve de combustible, l'arrivée des câbles téléphoniques et télégraphiques souterrains et l'installation d'énergie qui est très importante et comprend des accumulateurs, des génératrices, des moteurs et autres appareils appropriés.

**Standardisation dans le service téléphonique** (*Telephone Engineer*, vol. XIX, n° 4, avril 1918). — Une exploitation téléphonique parfaite comporte l'adoption d'une phraséologie précise. Une

Digitized by Google

fois que la phrase correspondant à un cas déterminé d'exploitation a été fixée, l'efficacité du service exige son emploi littéral. En effet, le but principal des instructions des Comités d'exploitation des écoles coopératives de téléphonistes est de fournir un catalogue complet de ces phrases et d'exiger leur adoption absolue. C'est le seul moyen d'éviter à l'inefficacité et la confusion d'une exploitation non standardisée, bref tous les inconvénients dont souffrent nécessairement les compagnies indépendantes qui négligent de s'entendre avec les compagnies auxquelles elles sont reliées.

Il serait peut-être maladroit de donner brutalement à la téléphoniste l'impression qu'elle est un simple rouage de mécanisme servant à articuler des phrases faites à l'avance. Néanmoins, plus on approche de cette condition tout en employant le tact et les égards qui sont dus à la nature humaine, plus l'échange de communications entre les compagnies étrangères approche de la perfection.



Digitized by Google

# INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

**Opérations de la caisse nationale d'épargne en 1916.** — L'année 1916 a été marquée par des mesures très importantes pour les caisses d'épargne :

1° Un décret du 27 mars a supprimé la limitation à 50 francs par déposant et par quinzaine fixée par le décret du 30 juillet 1914 : 1° pour les remboursements portant sur les dépôts faits postérieurement à la date de sa promulgation ; 2° pour les remboursements effectués sur les dépôts antérieurs, et affectés à l'achat de rentes françaises nominatives, sous l'obligation pour les intéressés de laisser les titres en dépôt pendant six mois à la caisse d'épargne.

2° La loi du 29 juillet a élevé de 1.500 à 3.000 francs le maximum du compte ouvert à chaque déposant, et de 15.000 à 25.000 francs le maximum des comptes des sociétés de secours mutuels et des institutions spécialement autorisées à déposer aux caisses d'épargne.

Cette loi a abrogé, en outre, la disposition de l'article 4 de la loi du 20 juillet 1895 qui fixait à 1.500 francs le chiffre des versements pouvant être faits chaque année par un même déposant.

3° La disposition du décret du 30 juillet 1914, dite clause de sauvegarde, qui limitait les remboursements à 50 francs par déposant et par quinzaine, et qui était encore appliquée aux fonds versés antérieurement au décret du 27 mars, a été abrogée par le décret du 25 seotembre.

4° Un décret du 2 décembre a élevé de 2,50 à 3 °/₀ le taux de l'intérêt à servir par la Caisse nationale d'épargne à ses déposants à partir du 1er janvier 1917.

Des dispositions particulières ont été prises par la Caisse nationale d'Épargne pour faciliter les opérations d'épargne des militaires du front. Après entente avec le Ministère de la guerre, il a été

Digitized by Google

décidé que leurs demandes d'ouverture de livrets et leurs versements seraient reçus par les services du Trésor et des Postes aux Armées. La loi de finances du 30 juin 1916 (article 6) a exempté du droit de commission et de la taxe de factage les mandats-cartes émis pour l'envoi des fonds à la Caisse nationale d'épargne. Celle-ci conserve en dépôt les livrets et effectue les remboursements par mandats-cartes aux titulaires ou à toutes personnes par eux désignées.

Comme l'année précédente, les déposants ont été admis à souscrire à l'emprunt de la Défense nationale ; mais ils avaient cette fois la faculté d'affecter à leurs souscriptions, sans aucune restriction, le montant de leur livret.

En ce qui concerne les opérations de la Caisse nationale d'épargne pendant l'année 1916, on constate que 1.175.860 versements formant une somme de : 110.047.699 fr. 05 ont été reçus par les divers correspondants contre 1.001.660 s'élevant à 91.984.426 fr. 89 en 1915 ; soit, en faveur de 1916, un excédent de 174.200 versements représentant 18.063.272 fr. 16.

Les remboursements, au nombre de 3.040.803, se sont élevés à à 376.534.883 fr. 56 contre 3.681.779 pour une somme de 286.236.872 fr. 11 en 1915 ; d'où une diminution de 640.976 dans le nombre et une augmentation de 90.298.011 fr. 45 dans le montant. Ces chiffres comprennent les prélèvements opérés sur leurs comptes par les déposants pour souscrire dans les bureaux de poste aux emprunts de la Défense nationale, et qui ont été, en 1916, de 218.905 pour une somme de 123.700.197 fr. 97 et en 1915 de 315.425 pour 124.075.607 fr. 59.

Il a été ouvert 164.159 livrets nouveaux, soit : 31.524 de plus qu'en 1915 et il en a été soldé 183.189 ; les livrets en exercice au 31 décembre 1916 étaient au nombre de 6.582.352 présentant un solde total de 1.428.989.586 fr. 78.

**Les excédents de versements depuis le 1er janvier 1918 à la Caisse Nationale d'Épargne.** — Au cours des cinq premiers mois de 1918, le nombre total des opérations de toute nature effectuées dans les bureaux de poste pour le compte de la

Digitized by Google

Caisse nationale d'épargne a été supérieur de 140.500 à celui de la même période de 1917.

D'autre part, le nombre des remboursements ayant notablement diminué (388.500 pour cinq mois en 1918, contre 500.500 pour le même temps en 1917), l'accroissement résulte uniquement d'une recrudescence des dépôts de fonds.

L'excédent des versements sur les remboursements a été de 61.556.442 francs de janvier à mai 1918, alors que pendant les mêmes mois de 1917, les remboursements avaient dépassé les versements de 8.786.224 francs. L'excédent de 61.556.442 francs se répartit ainsi qu'il suit :

| | |
|---|---|
| janvier.... | 13.371.532 francs |
| février..... | 12.757.186 |
| mars..... | 11.844.272 |
| avril.... . | 9.682.931 |
| mai..... | 13.900.521 |
| Total..... | 61.556.442 francs. |

Ces résultats indiquent clairement combien la clientèle épargnante est attachée à l'Institution et combien elle lui fait confiance, malgré les alternatives de la guerre.

**Service postal aérien aux États-Unis.** — Il y avait exactement un mois que le service postal aérien Washington-Philadelphie-New-York avait été inauguré et déjà les autorités du Post Office américain envisageaient la réduction du tarif postal par aéroplane. Selon M. Albert S. Burleson, Postmaster General, le poids du courrier transporté par les aéroplanes postaux pendant ce premier mois est de 52,5 tons (53 tonnes 342). Ceci, dit-il, démontre le succès de l'entreprise, mais il fait remarquer que ce n'est nullement la capacité de chargement maximum des aéroplanes postaux.

Au bout de la première semaine, le nombre de lettres transportées diminua fortement, bien que les aéroplanes postaux aient offert toutes garanties au Département des Postes.

Par sa grande rapidité, le service postal aérien, même au tarif

Digitized by Google

actuel de 24 cents par once (1 fr. 25 par 28 gr.), fera une sérieuse concurrence aux compagnies télégraphiques et téléphoniques. Mr. Burleson propose actuellement de réduire le tarif à 16 cents (0 fr. 85) par once, pour mettre davantage le service à la portée du public.

La plus grande difficulté rencontrée jusqu'ici a été le brouillard; pour surmonter cet obstacle dangereux, on a installé des postes-signaux dans les faubourgs de Philadelphie et de New-York. Par les temps de fort brouillard, ces signaux guident les aviateurs postaux et leur permettent de se diriger.

Pendant le premier mois, les aéroplanes postaux ont couvert une distance de 11.109 milles (17.877 km. 861) et sont restés 157 heures 59 minutes en l'air. La vitesse moyenne a été légèrement supérieure à 70 milles (112 km.) à l'heure.

**Pile au sélénium employée comme signal d'alarme.** — Une « pile » au sélénium extrêmement sensible aurait été inventée; cette cellule de sélénium serait capable de produire un courant suffisant pour actionner un signal d'alarme, sous la seule influence de la lumière produite par une allumette, à une distance de 10 mètres. Ce détecteur de lumière peut être aisément placé dans une chambre, dans un endroit inaccessible, à quelque distance d'un coffre-fort, ou de tout autre objet à protéger des indiscrets ou des cambrioleurs. Comme ceux-ci ne peuvent que très difficilement « travailler » dans l'obscurité, leur présence est immédiatement révélée. Le dispositif peut aussi servir d'avertisseur d'incendie. Toutefois, il est à remarquer que l'appareil ne peut être employé que dans des chambres normalement plongées dans l'obscurité complète.

Digitized by Google

# NOUVEAUX BREVETS D'INVENTION [1]

20.526 1re addition au brevet N° 484.620 — Perfectionnements apportés aux systèmes de lignes téléphoniques chargées pour circuits fantômes — Société Le matériel téléphonique — France.

482.971 — Perfectionnements aux dispositifs d'appel en téléphonie automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

L'opérateur d'un tableau dispose, pour appeler, d'un groupe de touches en nombre égal à celui des chiffres servant à former les numéros d'appel ; il appuie sur celles de ces touches qui conviennent, aussi rapidement qu'il le veut ; les touches ainsi abaissées actionnent à leur tour des transmetteurs automatiques qui émettent les impulsions convenables en les espaçant suffisamment pour éviter les fausses manœuvres et les mauvais fonctionnements.

482.973 — Perfectionnement à la taxation des conversations téléphoniques — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

S'applique aux systèmes semi-automatiques ; permet à l'opérateur d'enregistrer toute conversation, soit au compte de l'abonné demandeur, soit à celui de l'abonné demandé, suivant les conventions, en agissant sur le compteur de la ligne convenable. Le fonctionnement du compteur est obtenu au moyen d'une impulsion survoltée. En ce qui concerne le demandeur, la manœuvre peut être effectuée soit en recevant la demande de communication, soit en le rappelant pour la lui donner.

482.975 — Perfectionnement à l'emploi des centraux dans un réseau automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

Les centraux auxiliaires disposent actuellement, pour les communications de service avec le central principal, de groupes de lignes spéciales, distinctes de celles qui servent pour les communications normales. L'invention consiste en un transmetteur automatique d'impulsions, permettant au central auxiliaire d'appeler, au central principal, les tables d'opérateurs qu'il désire, en utilisant pour cet objet les lignes de jonction ordinaires.

---

(1) Les descriptions (notices et dessins) relatives aux brevets sont en vente à l'Imprimerie Nationale, 87, rue Vieille-du-Temple, Paris (IIIe).

Digitized by Google

486.201 Câble téléphonique à self uniformément répartie — M. Alexandre GRAMMONT — France.

L'isolant du câble est recouvert d'une gaîne de métal perméable qui augmente le flux magnétique et, par suite, la self-induction.

486.398 Perfectionnements dans les systèmes téléphoniques automatiques et semi-automatiques — Société : THE RELAY AUTOMATIC TELEPHON COMPANY Limited — Angleterre.

486.427 Perfectionnements dans les systèmes téléphoniques automatiques et semi-automatiques — Société : THE RELAY AUTOMATIC TELEPHONE COMPANY — Angleterre.

486.955 Téléphone micro-automatique à commutateur central — M. Henry SYMES — Nouvelle-Zélande.

486.956 Perfectionnements à un système de téléphone automatique, comprenant des perfectionnements à la machine à pièces de monnaie introduites dans une fente — M. Henry SYMES — Nouvellé-Zélande.

486.959 Perfectionnements aux systèmes de téléphone automatiques ou semi-automatiques — Société : THE RELAY AUTOMATIC TELEPHONE COMPANY Limited — Angleterre.

486.962 Perfectionnements aux systèmes de téléphonie automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés THOMSON-HOUSTON — France.

486.964 Perfectionnements à la taxation des conversations téléphoniques — Compagnie française pour l'exploitation des procédés THOMSON-HOUSTON — France.

486.965 Perfectionnements aux systèmes de téléphonie automatique à communications taxées et non taxées — Compagnie française pour l'exploitation des procédés THOMSON-HOUSTON — France.

486.968 Perfectionnements aux systèmes de téléphonie automatique et semi-automatiques — Société : THE RELAY AUTOMATIC TELEPHONE COMPANY Limited — Angleterre.

486.970 Système de téléphonie automatique — M. Alton E. STEVENS — États-Unis d'Amérique.

486.971 Mécanisme de poste auxiliaire pour téléphone automatique — M. Alton E. STEVENS — États-Unis d'Amérique.

Digitized by Google

486.972 Appareil de poste central, pour téléphone automatique — M. Alton E. Stevens — États-Unis d'Amérique.

487.041 Procédé de cinématographie stéréoscopique — M. Georges Goujon — France.

487.064 Perfectionnements aux systèmes de téléphones automatiques — Société: The relay automatic telephone company — Angleterre.

487.165 Système de commande des sélecteurs et des connecteurs électriques — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.166 Sélecteurs à 19 rangées — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.168 Système de téléphonie automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.173 Perfectionnements aux répétiteurs pour téléphonie automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.174 Perfectionnements aux systèmes de téléphonie automatique à lignes partagées — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.176 Perfectionnements au dispositif de prépaiement dans les systèmes de téléphonie automatique à lignes partagées — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

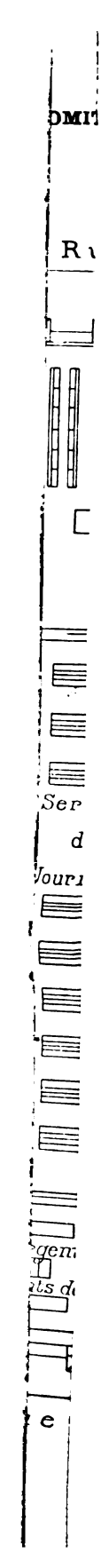
487.177 Perfectionnements aux systèmes de téléphonie semi-automatique — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

487.178 Perfectionnements aux systèmes de comptage des communications téléphoniques — Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston — France.

*L'éditeur-gérant*
A. DUMAS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

# ANNALES

DES

# POSTES, TÉLÉGRAPHES

# ET TÉLÉPHONES

---

**RECUEIL DE DOCUMENTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS**

*concernant les Services Techniques et l'Exploitation*

**des Postes, Télégraphes et Téléphones.**

Publié par les soins d'une Commission
nommée par M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.

*Paraissant tous les trois mois.*

---

VII^e^ Année — N° 4, 1918.

---

**PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL :**

France et Colonies : **12** francs. — Étranger : **14** francs.

*Tous les abonnements partent du 1^er^ Janvier.*

---

PARIS

A. DUMAS, ÉDITEUR

6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris (IX^e^)

Digitized by Google

# COMMISSION DES ANNALES

# DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

## AVIS

Les manuscrits adressés aux Annales sont soumis à l'examen d'une Commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette Commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VII^e^.

*Membres de la Commission :*

M. Dennery, Inspecteur général, Directeur de l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, *Président.*

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le Directeur du Personnel à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Lorain, Directeur de l'Exploitation Téléphonique, Professeur à l'École Supérieure.

M. Ferrière, Directeur des Postes et Télégraphes du département de la Seine, Professeur à l'Ecole Supérieure.

M. Maureau, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes, Professeur à l'École Supérieure.

M. Augier, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes.

M. Paillon, Directeur départemental des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Sous-Chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes, *Membres.*

MM. Taffin, Inspecteur des Postes et Télégraphes, Drouet et Viard, Ingénieurs des Postes et Télégraphes, *Secrétaires.*

M. Godet, Rédacteur des Postes et Télégraphes, *Secrétaire-adjoint.*

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

# TABLE DES MATIÈRES

Pages

L'Électrification des chemins de fer français; ses conséquences au point de vue de l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques, par M. A. Maudcit, Professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy..... 499
Règles générales suivies aux États-Unis pour protéger les lignes téléphoniques contre les lignes triphasées, par M. Valensi, Ingénieur des Postes et Télégraphes..... 526
Le synchronisme dans l'appareil multiplex employé par l'armée américaine, par M. Toupet, Inspecteur des Postes et Télégraphes..... 608
Communication Baudot quadruple Paris-Londres, par M. Mercy, Commis principal au Poste central télégraphique de Paris... 623
Essais de lignes dans les bureaux de moyenne et de petite importance, par M. Poirier, Inspecteur des Postes et Télégraphes.. 625
Appareil distributeur et trieur de plis postaux..... 628

* * *

## SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Tableaux commutateurs multiples de type extensible..... ... 637
Outillage pneumatique pour l'affouillement du sol et la plantation des poteaux télégraphiques..... 638

* * *

## Comité technique des Postes et Télégraphes

Introduction des lignes aériennes dans les bureaux centraux. Dispositifs de protection..... 640

Digitized by Google

Adoption d'un matériel unifié pour l'éclairage électrique des locaux de l'Administration..... 642

* * *

## COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES

### *Périodiques en langue française.*

Économies de cuivre..... 644

### *Périodiques en langues étrangères.*

Le tunnel sous la Manche et les communications téléphoniques avec l'Angleterre. Lettre de M. le Professeur J. A. Fleming. 645
Fusion des réseaux automatique et manuel de Los Angeles (États-Unis)..... 647
La grenaille de charbon pour microphones..... 648

* * *

## INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

Opérations du service des chèques postaux..... 651
Piles Leclanché..... 651
Réception optique des signaux de T. S. F..... 652
Nettoyage des wagons..... 652

* * *

## BIBLIOGRAPHIE

A. Bibliothèque des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones. Cours élémentaire de Télégraphie sans fil, par M. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes..... 655
B. Ouvrages divers..... 655

* * *

Brevets d'invention..... 657

Digitized by Google

## BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES (1)

*Construction des lignes télégraphiques et téléphoniques*. Cours professé à l'École Supérieure par M. Lorain, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (4e édition. 1916). — 2 vol. Prix : 6 francs le vol.

*Comptabilité et droit budgétaire*. Cours professé à l'École Supérieure par M. Feret du Longbois, Directeur au Ministère des Finances (1912). — 1 vol. Prix : 6 francs.

* *Installations télégraphiques*. Cours professé à l'École Supérieure par M. Tongas, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes (1918). — 2 vol. Prix : 12 fr. 50 le volume.

*Les derniers progrès réalisés en télégraphie*, par M. Tongas (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Installations téléphoniques*. Cours professé à l'École Supérieure par M. Milon, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2e édition. 1918). — 1 vol. Prix : 12 fr. 50

*Exploitation postale*. Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Ferrière, chef de bureau à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes (1913). — 2 vol. Prix : 6 francs le volume.

* *Conférences sur les moteurs thermiques* faites à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Sauvage, Inspecteur général des Mines (1913). — 1 vol. Prix : 2 francs.

*Électricité industrielle*. Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Maureau Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. Prix : 10 fr. 50.

*Principes d'électricité*. Cours professé à l'École Supérieure (section des rédacteurs-élèves), par M. Drouet, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol. Prix : 3 fr. 75.

*Théorie de la pupinisation et applications pratiques*. — Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, par M. Cahen, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. Prix : 1 fr. 50.

*Cours élémentaire de Télégraphie sans fil*, par M. G. Viard, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. Prix: 12 francs.

*La Technique Télégraphique en France* (ouvrage publié à l'occasion

(1) Ces ouvrages (sauf ceux marqués d'un astérisque) se trouvent dans les bibliothèques départementales.

Digitized by Google

de l'Exposition de San-Francisco), par M. MONTORIOL, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1916). — 1 vol. in-8° carré. Prix : 3 fr. 50.

*La télégraphie, la téléphonie, l'électricité depuis* 1878. Extraits du 2000e numéro de *The Electrician*, traduits par G. HAMEL et E. PICAULT, ingénieurs des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 4 francs.

***Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes***, à l'usage du personnel, 1917. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 337 pages. Prix : 4 francs.

***Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'Etat contre les courants industriels***, à l'usage du personnel, 1918. 1 vol. in-16 jésus à l'italienne, 140 pages. Prix : 3 francs.

***Instruction sur les circuits combinés et circuits appropriés à la télégraphie et à la téléphonie simultanées***, à l'usage du personnel, 1918. — Une plaquette in-16 jésus à l'italienne, 26 pages. Prix : 1 fr. 75.

En vente à la Librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, Ve.

---

* ***Cours d'électricité théorique*** professé à l'École Supérieure (section des élèves-ingénieurs), par M. POMEY, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 13 francs.

*De la propagation du courant télégraphique et téléphonique* (*The propagation of the electric currents*, par J.-A. FLEMING), traduit de l'anglais par M. RAVUT, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 12 francs.

*La télégraphie et la téléphonie simultanées et la téléphonie multiple* (*Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das mehrfache Fernsprechen*, par K. Berger); traduit de l'allemand par M. LE NORMAND, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 fr. 50.

*Pratique radiotélégraphique* (*Radiotelegraphisches Praktikum*, par REIN), traduit de l'allemand par M. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 9 francs.

*La Téléphonie automatique*, par M. MILON, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol.

*La Télégraphie en Amérique* (*American Telegraph Practice*, par DONALD MC NICOL); traduit de l'anglais par MM. PICAULT et VIARD, Ingénieurs des Postes et Télégraphes (1917). — 1 vol.

En vente chez M. Gauthier-Villars, éditeur, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris, VIe.

---

Digitized by Google

*Traité de Téléphonie* (extraits de *Telephony*, par ABBOTT); traduit de l'anglais par M. GILLES, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 4 francs.

*Traité de Téléphonie pratique* (extraits de *American telephone practice*, par KEMPSTER B. MILLER); traduit de l'anglais (1913). — 1 vol. Prix : 6 francs.

En vente chez M. Albin Michel, éditeur, 22, rue Huyghens, Paris, XIV^e^.

---

*Les câbles télégraphiques et téléphoniques* (*Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen*, par STILLE); traduit de l'allemand par MM. PICAULT, Ingénieur, et MONTORIOL, Sous-chef de section des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8°. Prix : 25 francs.

En vente chez M. Béranger, éditeur, 15, rue des Saint-Pères, Paris, VI^e^.

---

## VIENNENT DE PARAITRE :

*Cours élémentaire de télégraphie sans fil*, par M. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1918). — 1 vol. in-8°, 304 pages, 188 figures. Prix : 12 francs.

*Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes, à l'usage du personnel* (1918). — 1 vol. in-16 raisin, 130 pages, 22 figures. Prix : 4 francs.

En vente à la librairie de l'Enseignement Technique, 3, rue Thénard, Paris, V^e^.

---

Digitized by Google

Digitized by Google

# L'Electrification des chemins de fer français

## ses conséquences au point de vue de l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques

par M. A. MAUDUIT,
Professeur d'Électrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy.

### 1° Nécessité et avantages d'une électrification au moins partielle du réseau des grands chemins de fer français.

Il y a un intérêt national, de premier ordre, à l'électrification des chemins de fer : cet intérêt réside dans l'économie de charbon qui résultera de la substitution de l'énergie des chutes d'eau à celle de la houille pour la traction des trains.

La France a une consommation annuelle de charbon d'environ 60 millions de tonnes, supérieure à sa production qui n'est que de 40 millions de tonnes; cet excédent de consommation de 20 millions de tonnes constitue un tribut à payer à l'étranger, qui, à un cours moyen de 30 frs la tonne, après la guerre, représentera une somme de 600 millions de francs, prélevée chaque année sur la fortune de la nation.

D'après les statistiques officielles, la consommation de charbon pour la traction des grands réseaux français, y compris la grande et la petite ceinture a été, pendant l'année 1913, de 176 millions de francs, en chiffres ronds.

Un programme modéré d'électrification, portant sur le quart de la longueur des réseaux, soit 10.000 kilom. de voies ferrées choisies parmi les plus intéressantes, permettra aisément d'économiser le tiers de la dépense indiquée ci-dessus, soit 59 millions de francs, aux prix d'avant-guerre, ce qui correspondra, aux



Digitized by Google

prix d'après-guerre, en tenant compte également de l'augmentation du trafic, à une valeur à peu près double, c'est-à-dire environ 120 millions de francs, restitués annuellement à la richesse nationale.

En dehors de cet intérêt national, qui suffirait à lui seul pour motiver l'introduction de la traction électrique dans les chemins de fer, ce dernier mode de traction présente des avantages importants qui militent de leur côté en sa faveur.

La traction électrique s'est d'abord rendue nécessaire dans le voisinage des grandes villes, à l'étranger, comme en France, New-York, Philadelphie, Chicago, Londres, Berlin, Paris : elle a permis, à la fois, de supprimer les fumées nuisibles à l'hygiène et à la propreté, et d'augmenter considérablement le trafic compatible avec les surfaces limitées de terrain disponibles : c'est cette dernière condition qui, avant toute autre, a motivé l'électrification des lignes de l'Etat aboutissant à la gare Saint-Lazare.

La propreté caractéristique de l'exploitation électrique se fait d'ailleurs sentir sur l'ensemble du réseau en assurant, particulièrement aux voitures à voyageurs, une durée plus longue avec de moindres dépenses d'entretien : elle facilite considérablement la traction sous les longs tunnels.

En ce qui concerne les avantages financiers de la traction électrique sur les grandes lignes, l'expérience acquise est encore trop peu importante pour permettre de fixer avec sécurité les limites dans lesquelles ce mode de traction sera plus ou moins économique que la vapeur.

Toutefois, certains avantages de la traction électrique sont dès maintenant nettement reconnus par l'expérience.

Les lignes les plus intéressantes sont celles qui présentent à la fois un profil accidenté et un trafic important : l'électrification permet, en effet, de réaliser une augmentation considérable de la capacité de transport de ces lignes. Les trains express peuvent être accélérés, les trains de marchandises accélérés et rapprochés ; la traction multiple, facile à réaliser sous forme symétrique rend possible l'emploi de trains de marchandises beaucoup plus

Digitized by Google

lourds, en supprimant la limitation fâcheuse due, sur le continent européen, à l'emploi de barres d'attelage trop faibles (on sait, en effet, que les attelages européens limitent l'effort de traction admissible en marche, à une dizaine de tonnes, tandis que les attelages américains tolèrent un effort de traction quadruple sans inconvénient).

Les locomotives électriques et leur personnel peuvent fournir, dans la journée, un service beaucoup plus long que leurs correspondants de la traction à vapeur : le rapport est facilement double pour les lignes à profil très accidenté, à cause de l'encrassage rapide des locomotives et du travail pénible de chauffe et de conduite des chauffeurs et mécaniciens.

Pour les lignes à grand trafic, moins accidentées, la différence est moins accusée, mais le rapport des temps de service fournis est encore notablement supérieur à l'unité, par suite de l'économie de temps réalisé sur le nettoyage et sur les manœuvres dans les gares. Dans tous les cas, le recrutement et la formation professionnelle des agents conducteurs de locomotives électriques, sont beaucoup plus faciles que pour la traction à vapeur, et leur service est infiniment moins pénible ; il est inutile d'insister sur l'avantage de premier ordre qui en résulte pour l'exploitation des réseaux de chemins de fer.

Pour terminer avec les avantages de la traction électrique, citons encore la plus grande facilité d'entretien des locomotives électriques qui ne nécessitent qu'une simple visite de graissage au lieu des fréquents et laborieux nettoyages des locomotives à vapeur ; la suppression des dépôts de charbon et l'économie de main-d'œuvre et de matériel nécessitée par la manutention et le transport du charbon ; l'économie d'énergie qui résulte de la suppression de la dépense de combustible pour la mise en feu des locomotives à vapeur et pour leur maintien en pression pendant les arrêts dans les gares.

*
* *

Digitized by Google

### 2° Conditions techniques de l'électrification du réseau français.

Les considérations développées au précédent paragraphe nous montrent quelle voie il y a lieu de suivre dans l'électrification des chemins de fer.

En première urgence, se présente l'équipement de la banlieue de Paris. A l'heure actuelle, l'État et le P. O. exploitent électriquement leurs lignes respectives de Paris-Invalides à Versailles et de Paris-Quai d'Orsay à Juvisy. De plus, le projet complet d'électrification de la banlieue de l'État est arrêté ; les usines et sous-stations nécessaires sont en cours d'achèvement.

Il semble qu'il serait utile d'envisager également l'électrification du reste du réseau de la banlieue, appartenant aux diverses compagnies, jusqu'à la grande ceinture incluse, sans oublier la petite ceinture, la ligne de Paris-Bastille à Verneuil l'Étang, etc ; nous n'avons pas connaissance que des projets aient été étudiés à cet effet.

Les installations déjà en fonctionnement ont montré que le système adopté, courant continu à 600 volts avec troisième rail, donnait toute satisfaction et le problème de l'équipement électrique des lignes de banlieue ne présente aucune difficulté technique, étant simplement d'ordre économique et financier.

Passons maintenant à la question des grandes lignes. Les trois grandes compagnies, Midi, P.-O. et P.-L.-M., placées dans des régions possédant de nombreuses et puissantes chutes d'eau, s'occupent activement d'étudier l'électrification d'un certain nombre de leurs lignes à profil accidenté et même de quelques lignes à plus faible déclivité qui présentent un intérêt particulier, par leur situation et l'importance de leur trafic. La compagnie du Midi exploite même déjà électriquement, en plus du tronçon à voie étroite de Bourg-Madame à Villefranche, 116 km. de voie normale dans les Pyrénées, et la guerre seule a empêché la mise en service de la traction électrique sur le tronçon Pau-Montréjeau (113 km.) de la ligne de Toulouse à Bayonne.

Digitized by Google

Les conditions techniques de l'exploitation électrique des grandes lignes ne sont pas unifiées comme celles des lignes de banlieue. Trois systèmes principaux, essentiellement différents, sont actuellement utilisés, et malgré l'intérêt évident que présenterait l'adoption d'un même système pour des pays voisins, l'expérience acquise n'a pas encore permis aux techniciens de reconnaître à un système une supériorité incontestable sur les autres.

A défaut d'entente internationale, il semble qu'il y aurait, au moins, un intérêt national de première importance, à ce que les divers réseaux français adoptent un même type de distribution du courant aux tracteurs, afin qu'une locomotive électrique d'un réseau quelconque puisse circuler sur tous les réseaux français électrifiés. Les techniciens des Compagnies et de l'Administration s'occupent activement de réunir tous documents utiles afin qu'un accord à ce sujet puisse intervenir au plus tôt.

Ces trois systèmes sont, dans un ordre quelconque :

1° *le monophasé*, à la tension de 6000 à 15000 volts avec deux fréquences de 16 et de 25 périodes par seconde.

2° *le triphasé*, à la tension de 3000 à 6000 volts composés et à la fréquence de 16 périodes par seconde.

3° *le continu à haute tension* 3000 volts.

Tous ces systèmes fonctionnent avec ligne de contact aérienne, du type à suspension catenaire, à raison d'un fil pour le monophasé et le continu et de deux fils pour le triphasé ; le retour du courant se fait par le rail, avec ou sans feeders de retour et autres appareils divers.

Le *monophasé* se présente sous deux variantes très différentes relativement à la nature du locomoteur : le *monophasé* pur employé de préférence en Europe, à une fréquence généralement comprise entre 15 et 16 2/3 périodes par seconde, qui utilise des moteurs monophasés directs du type série-composé, démarrant souvent sous forme de moteur à répulsion, et le *monotriphasé*, usité surtout aux États-Unis d'Amérique, généralement à la fréquence de 25 périodes par seconde, dans lequel le courant monophasé est transformé, sur la locomotive, en courants triphasés, au

Digitized by Google

moyen d'un convertisseur rotatif d'induction, les moteurs de traction étant alors du type triphasé ordinaire.

Le *monophasé pur* (15 à 16 2/3 périodes) a été adopté : par la compagnie du Midi, pour ses essais de traction en voie normale (116 km. en fonctionnement) sous la tension de 11.000 volts; par les chemins de fer fédéraux suisses, pour l'électrification projetée de tout le réseau suisse (5.000 km., décision de 1913); ce système à la tension de 15.000 volts fonctionne déjà sur la ligne du Loetschberg, de Spiez à Brigue (74 km.) et il est en installation sur la ligne du Gothard, de Ersfeld à Bellinzona.

Le monophasé pur jouit également de la préférence en Allemagne et en Autriche. En Allemagne, il fonctionne sur le tronçon Dessau-Bitterfeld (22 km.) de la ligne de Magdebourg-Leipzig-Haale ; en Autriche, le programme d'État comportait récemment l'utilisation de la puissance hydraulique du district alpin et de la Dalmatie à l'électrification de 4.400 km. de voies d'État et de 1.800 km. de voies privées au sud du Danube, et l'application du système monophasé sous 15.000 volts à la ligne de l'Arlberg, dès que les difficultés d'obtention du matériel seraient surmontées.

Le *monotriphasé* à 25 périodes, sous la tension de 11.000 volts est à l'heure actuelle utilisé en Amérique, principalement sur le Pensylvania Railroad, de Philadelphie à Paoli et d'Altoona à Johnstown (92 km.) et sur le New-York, New-Haven Hartford (73 km. avec extension en cours).

Aux États-Unis d'Amérique, existaient aussi il y a quelques années un certain nombre d'installations en monophasé pur à 25 périodes : la plupart ont été transformés en monotriphasé ou en continu, et il n'en reste plus que quelques-unes qui soient exploitées sous la forme d'origine, dont la plus importante est la ligne d'Indianapolis à Cincinnati (166 km.).

Le *triphasé à 16 périodes* sous la tension composée de 3.300 volts est le système employé par les chemins de fer italiens qui en ont fait, pendant ces dernières années, des applications très importantes et particulièrement bien exécutées et bien réussies dans la région des Alpes, comprenant les lignes de la Valteline

Digitized by Google

(106 km.), la ligne du Mont Cenis (Bussoleno à Modane) (60 km.), les lignes de la région de Gênes (101 km.), au total 267 km. environ. Toutes ces lignes comportent des rampes très longues de 10 à 25 mm. par mètre, et des rampes exceptionnelles de 30 et même 35 mm.

Ce même système est employé en Suisse sur la ligne du Simplon pour la traversée du grand tunnel, et à diverses fréquences, dans certains chemins de fer de montage, avec ou sans crémaillère.

Le *courant continu à haute tension* à 3.000 volts utilise des sous-stations rotatives, dans lesquelles le courant triphasé fourni par les usines génératrices est transformé en courant continu, au moyen de groupes convertisseurs, comprenant un moteur triphasé et deux dynamos en série ; les moteurs de traction sont également couplés en série par paires, de façon que chaque collecteur, de génératrice ou de réceptrice, ne travaille pas à une tension supérieure à 1.500 volts.

Il n'existe à l'heure actuelle qu'une application de ce système mais elle est d'importance exceptionnelle. C'est l'électrification, dans le réseau du Chicago, Milwaukee et Saint-Paul, de la ligne de Chicago au Pacifique, à la traversée des Montagnes Rocheuses entre Harlowtown et Avery (700 km.) : un autre tronçon de 300 km. est sur le point d'entrer en exploitation.

Sans entrer dans la discussion approfondie des avantages et des inconvénients de ces divers systèmes, donnons seulement les considérations principales.

Le *monophasé pur* et le *continu* utilisent des moteurs ayant des caractéristiques du type dit *série*, c'est-à-dire dans lesquels l'effort de traction varie sensiblement en rapport inverse de la vitesse, et qui par conséquent fonctionnent à puissance constante, comme la locomotive à vapeur.

De plus, les moteurs sont susceptibles de travailler à une vitesse réglable à volonté dans certaines limites.

Certains techniciens attachent beaucoup d'importance à ces propriétés, estimant que la possibilité de faire varier la vitesse d'une façon simple, et d'obtenir une vitesse plus grande pour les

Digitized by Google

trains légers que pour les trains lourds, facilite l'observation des horaires.

De leur côté, le *triphasé* et le *monotriphasé* avec leurs moteurs d'induction, conduisent à des locomotives à vitesse constante, quel que soit l'effort de traction demandé. Par l'emploi du montage en cascade et des commutateurs de nombre de pôles, on arrive à donner à chaque locomotive une gamme de vitesses, généralement 2 ou 4, sous-multiples de la plus grande vitesse ; mais on ne peut, sans une grosse dépense d'énergie, obtenir une vitesse intermédiaire, ni, en aucun cas, dépasser la vitesse maximum fixée, quelque léger que soit le train à remorquer.

La locomotive triphasée diffère donc essentiellement comme propriétés de la locomotive à vapeur : à chaque cran de marche, elle fonctionne à vitesse constante, quel que soit l'effort développé et, par suite, avec un train lourd ou dans les fortes rampes, elle absorbe une puissance beaucoup plus grande que dans les conditions normales.

Les remarquables résultats obtenus par les chemins de fer italiens montrent que les propriétés du triphasé ne sont pas en opposition formelle avec une bonne exploitation ; d'ailleurs il est possible que la préférence accordée par la plupart des spécialistes de traction aux moteurs à caractéristique série pour la réalisation facile des horaires, provienne de l'habitude qu'ils ont de travailler avec la locomotive à vapeur et rien ne prouve qu'il ne serait pas aussi facile de réaliser un bon horaire avec des moteurs qui remorquent à la même vitesse tous les trains, quel que soit leur poids.

L'inconvénient le plus grave du triphasé réside dans l'obligation de recourir à deux lignes de prise de courant et à deux systèmes d'archets, en plus du rail qui assure le retour de la troisième phase ; c'est une complication considérable, particulièrement dans les aiguillages et les grandes gares ; cet inconvénient est d'ailleurs supprimé dans le *monotriphasé*, qui, d'origine toute récente, s'est révélé un système très intéressant.

On reproche encore à ces deux modes de traction une complexité formidable de l'appareillage des locomotives, surtout dès que l'on veut réaliser une gamme de 4 vitesses.

Digitized by Google

En compensation de l'inconvénient signalé plus haut de la limitation stricte de la valeur maximum de la vitesse, se présente, pour ces systèmes, une propriété susceptible de rendre service dans certains cas : c'est celle du *freinage avec récupération automatique*, à la descente des déclivités d'importance suffisante.

A la montée, à pleine charge, le moteur fonctionne à une vitesse inférieure de quelques centièmes (3 à 4 %) à la vitesse de synchronisme ; à la descente, dès que sa vitesse dépasse le synchronisme, le moteur se transforme automatiquement en génératrice, sans aucune intervention du mécanicien, et pour un excès de vitesse de 3 à 4 % sur le synchronisme, il absorbe un couple moteur du même ordre que celui qu'il développait avec le même glissement dans la montée, l'énergie électrique ainsi produite étant restituée directement au réseau.

On a pu, également, réaliser la récupération avec le continu et le monophasé pur; mais l'appareillage est alors beaucoup plus compliqué et la manœuvre demande une attention assez grande de la part du conducteur.

Il n'y a d'ailleurs pas lieu de s'exagérer l'intérêt de la récupération, qui ne donne de résultats notables que pour des déclivités à la fois longues et fortes, et pour des trains lourds et lents (trains de marchandises). Tous les systèmes permettent, d'une façon assez simple, le freinage électrique, sur résistances, qui est utile pour la conduite du train et pour l'économie des bandages, des rails et des sabots de frein.

Entre les partisans du continu 3.000 volts et du monophasé, la discussion est vive et l'expérience actuelle, encore insuffisante, ne permet pas d'arbitrer le différend.

On reproche surtout au continu 3.000 volts d'exiger des sous-stations de transformation rotatives qui sont très coûteuses, ont un rendement faible et nécessitent un personnel permanent de surveillance.

Pour des lignes à faible trafic, ces inconvénients sont importants et on expérimente, en ce moment, en Amérique, des sous-stations dites automatiques, dans lesquelles les moteurs généra-

Digitized by Google

teurs sont mis en route ou arrêtés automatiquement, suivant le débit demandé à la ligne de traction dans la zone d'action de la sous-station. Nous ne possédons pas encore de renseignements détaillés sur le fonctionnement de ces sous-stations automatiques, qui permettraient de réaliser de notables économies, à la fois, sur le personnel de surveillance et sur la dépense de rotation à vide de groupes non utilisés.

On peut encore citer, comme inconvénients du continu, le danger d'électrolyse des conduites métalliques voisines de la voie, et la forte intensité à capter par les archets, sous la tension relativement faible de 3.000 volts.

Le plus gros reproche que l'on fait au *monophasé pur*, consiste dans l'infériorité du moteur monophasé sur les autres moteurs électriques. Ce moteur est beaucoup plus lourd, à puissance égale, et d'un fonctionnement plus délicat au point de vue de la commutation, que les autres types de moteurs.

Toutefois, divers constructeurs, notamment en France les Ateliers de Jeumont et la Société Thomson, en Suisse les Ateliers Oerlikon, sont arrivés à réaliser des moteurs série compensés, ayant, à la fréquence de 15 à 16 périodes, une commutation excellente.

Mais beaucoup d'ingénieurs prétendent que ces moteurs, indiscutablement plus lourds que les autres à même puissance, s'échauffent exagérément encore et que le système monophasé est le plus onéreux au point de vue de l'entretien et des réparations du matériel roulant.

Mentionnons seulement ici, puisque nous y reviendrons en détail plus loin, que le système monophasé entraîne les plus fortes réactions sur les lignes de télégraphe et de téléphone, bien que le triphasé et le continu exercent également des actions importantes d'influence sur les mêmes lignes.

Finalement, sans prendre parti dans le débat, faisons remarquer la grande souplesse du monophasé, qui permet la circulation sur la même ligne, soit de locomotives à moteurs monophasés directs (à caractéristique série), soit de locomotives monotriphasées (à vitesse constante), soit de diverses autres locomotives

Digitized by Google

non encore introduites dans la pratique, telles que la locomotive avec transformation en courant continu de MM. Auvert et Ferrand, en essai sur le P.-L.-M., ou les locomotives avec redresseurs à vapeur de mercure, etc.

***

### 3° Conditions financières de l'électrification.

Quel que soit le système qui sera finalement adopté sur les réseaux français, les conditions financières résultantes ne diffèrent pas d'une quantité notable ; l'incertitude dans laquelle on se trouve actuellement, relativement aux prix moyens qui seront pratiqués dans la période d'une vingtaine d'années après la guerre, tant pour les matières premières que pour la main-d'œuvre, conduit à des écarts d'appréciation beaucoup plus grands, aussi bien pour les dépenses de première installation que pour celles d'exploitation annuelle.

D'après les études faites par les Compagnies du Midi et du P.-O., ainsi que par les chemins de fer fédéraux de la Suisse, il semble que l'on puisse compter que le coût total moyen de l'électrification d'un kilomètre de voie, simple et double mélangée, y compris les installations de contact et d'alimentation, les sous-stations, les usines hydrauliques d'énergie et le matériel locomoteur, restera sensiblement inférieur au chiffre rond de 200.000 francs, étant admis une majoration de deux tiers (66 %) sur les prix d'avant guerre. Les deux compagnies françaises prévoient des prix notablement inférieurs, tandis que la Suisse compte sur une dépense de 240.000 francs par km. pour l'ensemble des 5.000 kilomètres que comportera ultérieurement son réseau ferré complet.

Pour un projet d'électrification du quart du réseau principal français, soit 10.000 kilomètres, le capital à immobiliser sera ainsi d'environ 2 milliards. L'expérience acquise dans l'exploitation des chemins de fer électriques est encore trop incertaine pour qu'on puisse prévoir quelle sera l'économie finale réalisée.

Digitized by Google

Mais ce qu'on peut maintenant chiffrer, c'est l'importance de la fortune conservée à la nation.

Nous avons vu, au début de cette étude, que l'économie de charbon réalisée atteindrait en chiffres ronds 120 millions, c'est-à-dire l'intérêt à 6 % du capital nécessaire à l'électrification. Ce capital continuera à faire partie de la richesse nationale, abstraction faite de quelques centièmes correspondant aux matières premières, telles que le cuivre, qu'il faut faire venir de l'étranger et sera ainsi remarquablement mieux utilisé qu'à produire des intérêts entièrement versés à l'étranger pour achat de charbon.

Répartis sur une période d'une vingtaine d'années, au moins, les travaux d'électrification seront une source de prospérité pour les différentes branches de l'industrie, du commerce et de la main-d'œuvre de la nation, qui recueilleront annuellement, de ce fait, une centaine de millions.

*
* *

### 4° Perturbations apportées par la traction électrique monophasée au régime des lignes de signalisation.

Les lignes téléphoniques et télégraphiques sont souvent désignées sous le nom de lignes à courant faible; cette expression est la traduction du terme allemand qui oppose les lignes de signalisation (à courant faible) aux lignes d'énergie, dénommées en allemand à *courant fort*.

Nous emploierons, pour notre part, les expressions lignes d'énergie, lignes de traction et lignes de signalisation.

Maintenant que nous avons montré les conditions techniques et financières de l'électrification partielle du réseau ferré français, ainsi que les avantages nationaux qui en résulteront, nous allons examiner les conséquences que présentera cette importante modification, pour l'exploitation des lignes de signalisation, appartenant à l'Administration des Postes et Télégraphes.

L'étude technique détaillée des troubles causés par les chemins de fer électriques sur les lignes télégraphiques et télépho-

Digitized by Google

niques a fait l'objet de nombreux travaux publiés dans les diverses revues scientifiques françaises et étrangères ; nous ne nous proposons pas de reprendre ici cette étude, mais seulement d'en résumer les principes fondamentaux, de signaler les dispositions qui ont été adoptées pratiquement dans les différents pays et d'indiquer dans quelle voie devra être recherchée, à votre avis, la solution du problème posé par l'introduction en grand de la traction électrique.

Les troubles causés aux lignes de signalisation proviennent de deux causes principales : l'influence du champ électrique dû à la haute tension employée sur le fil de contact et l'induction magnétique produite par le courant qui parcourt ce fil.

Examinons d'abord ce qui se passe dans le système monophasé, qui occasionne les troubles les plus importants.

*Influence du champ électrique.* — Autour du fil de contact et du câble porteur de la suspension catenaire se développe un champ électrique, dont les lignes de force vont de ces fils à la terre et aux objets conducteurs reliés à la terre. Le potentiel décroît le long de ces lignes de force, depuis la tension de travail jusqu'à zéro. Un fil conducteur (d'une ligne télégraphique ou téléphonique) parallèle à la ligne de contact et parfaitement isolé du sol, placé dans ce champ, se trouve porté au potentiel correspondant à la position qu'il y occupe ; ce potentiel est d'autant plus élevé que le fil influencé est plus près de la ligne de contact et d'autant plus faible que le fil se trouve plus près du sol ou d'objets conducteurs reliés au sol ; il devient rapidement négligeable dès que l'on s'écarte de cette ligne de contact. Pour une ligne de contact à 12.000 volts, située à 6 mètres du sol, un fil placé à la même hauteur, à un écartement de 6 mètres, sera porté à un potentiel de 1.400 volts, un fil écarté de 60 mètres ne sera plus soumis qu'à une induction de 35 volts.

Cette action statique est donc surtout caractérisée par le potentiel important développé sur les fils isolés voisins de la ligne de contact, ce qui entraîne un danger sérieux pour les personnes venant à toucher ces fils ou les appareils auxquels ils aboutissent.

Digitized by Google

Le potentiel ainsi développé est indépendant de la longueur de parallélisme des lignes inductrice et induite (pourvu que la ligne induite se limite au tronçon parallèle) et de la fréquence du courant de traction.

Si le fil induit, au lieu d'être isolé, est relié au sol, il reste forcément au potentiel zéro du sol, mais si la tension de traction est alternative, un courant de charge, proportionnel à la tension qui serait développée sur le fil isolé, à la fréquence de la tension du fil de traction et à la capacité du conducteur envisagé, parcourt la liaison entre le conducteur et le sol.

Si cette ligne induite est mise à la terre à ses deux extrémités par des résistances modérées (ce qui est le cas d'une ligne télégraphique en service), un courant de charge venant du milieu de la ligne s'écoule à la terre à travers les appareils situés aux deux extrémités. Si cette ligne, isolée d'autre part, est reliée au sol par le corps d'un individu, venant à la toucher accidentellement, le courant de charge traversera le corps de l'individu, et bien que le potentiel développé sur la ligne soit indépendant de la longueur de cette ligne, le courant produit sera proportionnel à la longueur de la ligne, dont dépend la capacité, et à la fréquence du réseau de traction, et il y aura pour l'individu danger de mort ou seulement secousse plus ou moins désagréable, suivant que le courant atteindra la limite mortelle (50 à 100 milliampères) ou restera notablement plus faible.

On peut dire, en résumé, que l'influence statique ou électrique sur les lignes de signalisation, est surtout importante par les accidents ou les secousses qu'elle peut provoquer sur le personnel ; mais elle ne donne généralement lieu qu'à des courants relativement faibles, et ne se fait sentir que dans un rayon d'action très limité, une vingtaine de mètres au grand maximum.

*Induction magnétique.* — L'influence électrique dont nous venons de parler ne dépend que de la tension appliquée à la ligne de traction et non du courant dans cette ligne ; l'induction magnétique, au contraire, dépend exclusivement des variations du courant dans la ligne.

Digitized by Google

Le circuit de traction est constitué normalement par les feeders d'alimentation et la ligne de contact comme conducteur d'aller, et les rails et la terre comme conducteur de retour. Le courant de traction qui passe dans ce circuit subit des variations de diverses natures : c'est un courant alternatif ou monophasé d'une certaine fréquence, généralement 16 périodes, ce qui veut dire qu'il change 32 fois de sens par seconde ; de plus ce courant varie au démarrage et à l'arrêt, au passage sur diverses rampes et son point d'écoulement au sol se déplace avec la marche des voitures ; enfin, le fonctionnement des moteurs, tant par la suite de la présence des encoches que des phénomènes de commutation au collecteur, introduit dans la tension et le courant des variations périodiques relativement faibles mais très rapides, dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse du train.

Toutes ces variations du courant engendrent des variations respectives du champ magnétique qui entoure le circuit de traction et, suivant la loi de l'induction magnétique, tout circuit plongé dans ce champ (ligne téléphonique à double fil ou ligne télégraphique avec retour par la terre) est soumis à une force électromotrice qui est, à tout instant, proportionnelle à la variation instantanée du champ embrassant le circuit considéré.

A variations égales de courant, l'influence du circuit de traction est d'autant plus grande que ce circuit présente une plus grande surface et étend ainsi plus loin son champ magnétique.

Le retour par la terre équivaut à une augmentation considérable de cette surface. La résistance opposée par les rails au passage du courant alternatif est beaucoup plus grande que dans le cas du courant continu, par suite de l'effet connu sous le nom d'effet pelliculaire ou d'effet Kelvin, et qui consiste dans cette propriété que le courant alternatif ne pénètre pas profondément dans le rail, mais circule exclusivement dans une mince couche de la périphérie : le rapport des résistances a été trouvé égal à 2,5 environ pour les rails du Midi, à la fréquence de 15 périodes par seconde.

Il résulte de cette résistance du rail et de la conductibilité du sol dans lequel est placée la voie, que le courant revient en grande

Digitized by Google

partie par le sol et qu'à une distance de 3 à 4 km. de la voiture motrice le courant dans le rail n'est plus qu'une très minime partie du courant total. Pour une ligne de traction assez longue, c'est-à-dire alimentée à une distance assez grande de la sous-station, le courant de retour pénètre assez profondément dans le sol et la surface du circuit inducteur envisagé plus haut est considérablement augmentée : certains auteurs ont calculé que le retour par le sol, à des distances d'alimentation de l'ordre de 25 km., correspond à un conducteur de retour fictif placé à 2 km. de profondeur dans le sol. On voit que dans ces conditions, la surface du circuit inducteur qui correspondrait à 6 mètres d'écartement si le courant revenait exclusivement par le rail, est augmentée dans le rapport de 6 mètres à 2.000 mètres, quand le courant revient entièrement par le sol.

Lorsque l'influence s'exerce sur une ligne unifilaire ayant elle-même le retour par le sol, la force électromotrice induite est considérable, les deux circuits inducteur et induit ayant tous deux une surface importante et cette force électromotrice ne décroît que très lentement quand les deux fils aériens s'écartent l'un de l'autre : elle est d'ailleurs sensiblement indépendante de la hauteur du fil induit au-dessus du sol.

Pour un parallélisme de 50 km. entre deux lignes, inductrice et induite, avec retour par le sol, la force électromotrice induite dans un fil situé à 10 mètres est de 5 volts par ampère à la fréquence 16 ; à la distance de 180 mètres, cette force électromotrice est encore environ la moitié de la précédente.

Si le courant revenait tout entier par le rail, la force électromotrice induite à 10 mètres ne serait plus que 0,15 volt, soit 3 % de la précédente.

Il est facile de retenir le chiffre caractéristique de l'induction, en cas de retour presque complet par la terre : 0,1 volt par ampère et par kilomètre, à la fréquence 16, pour les conducteurs situés à une dizaine de mètres de la ligne de contact.

L'induction sur une ligne bifilaire (ligne téléphonique) dépend de la surface offerte par cette ligne au flux magnétique provenant du circuit de traction : elle est beaucoup plus faible, lorsque

Digitized by Google

les deux fils de la ligne sont dans un plan horizontal que lorsqu'ils sont dans un plan vertical. On la combat, avec succès, en employant des rotations fréquentes, par exemple tous les 250 mètres.

En résumé, l'induction magnétique produite par une ligne de traction monophasée est beaucoup plus importante que l'influence électrique : elle exerce son action à une distance considérable, surtout lorsque le retour du courant se fait non seulement par le rail mais aussi par le sol, et les troubles qu'elle produit augmentent rapidement avec l'importance de la fraction du courant qui échappe au retour par le rail.

A cause de leur grande fréquence et malgré leur faible valeur relative, les variations de courant dues aux encoches et à la commutation, se font sentir d'une façon très forte dans la force électromotrice induite et c'est à cette raison que l'on doit d'entendre dans les lignes téléphoniques troublées un son dont la hauteur varie avec la vitesse du train et qui permet de suivre à distance la marche de ce train : son démarrage, son ralentissement et son arrêt.

* * *

### 5° Moyens divers de supprimer les perturbations dans les lignes de signalisation.

*Dispositifs appliqués aux lignes de signalisation.* — Les troubles produits dans une ligne télégraphique avec retour par la terre, se manifestent finalement par la superposition de deux courants, l'un provenant de l'influence électrique qui ne dépend pas sensiblement de l'impédance de la ligne et s'écoule du milieu vers les deux extrémités, et l'autre, dû à l'induction magnétique, qui est en rapport inverse de l'impédance de la ligne et y circule partout dans le même sens.

Ces deux courants ne sont d'ailleurs pas en phase l'un avec l'autre, et le courant résultant est différent aux deux extrémités.

Comme la ligne télégraphique est normalement maintenue à la terre, à travers des appareils de réception ou de sonnerie, il



Digitized by Google

n'y a pas à craindre que son potentiel devienne dangereux et il suffit pour que l'action de la ligne de traction n'empêche pas le fonctionnement, que le courant dû aux diverses causes de troubles reste inférieur à une limite fixée pour chaque type d'appareil, compte tenu de la force électromotrice de la pile d'exploitation. On y arrive, lorsque les forces électromotrices perturbatrices ne sont pas trop élevées, en intercalant dans la ligne, à chaque extrémité, et, au besoin, en ligne courante, des impédances (1) qui diminuent le courant induit et le ramènent à une valeur inférieure à la limite admissible.

Il faut seulement augmenter la force électromotrice des piles pour maintenir le courant de travail à sa valeur normale et avoir soin, pour ne pas déformer le courant de travail, d'utiliser des impédances dont la résistance R et l'inductance L présentent entre elles le même rapport $\frac{L}{R}$ que les appareils télégraphiques (ce rapport est connu sous le nom de constante de temps).

En ce qui concerne le téléphone, la question est tout autre. Le téléphone est sensible à des courants très faibles (de l'ordre de quelques millionnièmes d'ampère) et pour éviter la production de courants parasites, il faut :

1° isoler soigneusement la ligne du sol, afin de supprimer le courant de charge dû à l'action électrique;

2° anti-inducter la ligne par des rotations très fréquentes pour annuler la force électromotrice d'origine magnétique.

Pour faciliter l'isolement de la ligne, et en même temps supprimer le danger pour le personnel, on emploie, à l'entrée de chaque bureau téléphonique, un petit transformateur, de rapport égal à l'unité, dont le primaire est bouclé sur la ligne téléphonique et dont le secondaire est fermé sur le circuit intérieur du bureau.

De cette façon, il n'y a aucune communication électrique entre

(1) L'*impédance* est la résistance apparente d'un circuit soumis à un courant alternatif. Dans le cas particulier ci-dessus, le mot impédance désigne une bobine présentant à la fois une inductance (ou coefficient d'induction) et une résistance propre, d'un ordre de grandeur analogue.

Digitized by Google

le circuit du bureau, seul en contact avec le personnel et la ligne elle-même, et le mauvais isolement éventuel de ce circuit intérieur ne gêne en rien le fonctionnement : les courants téléphoniques, étant à haute fréquence, traversent aisément ce transformateur, qui n'est qu'un relais téléphonique de rapport unité. On peut compléter le dispositif par l'utilisation d'un déchargeur, constitué par une bobine de self-induction dont les deux bornes extrêmes sont reliées aux deux fils de ligne et dont le milieu est mis à la terre ; les courants téléphoniques, de fréquence élevée, ne peuvent passer dans cette bobine qui présente une grande impédance, tandis que les courants de décharge à la terre, provenant des deux fils de la ligne, traversent les deux moitiés de la bobine de self en sens contraire, de telle sorte que leurs actions se neutralisent et que la bobine de self se comporte, par rapport à leur résultante, comme une faible résistance avec inductance nulle.

On ajoute généralement un condensateur entre chaque fil de ligne et la borne du déchargeur, lorsque ce déchargeur est placé au milieu de la ligne (1).

L'emploi du transformateur d'extrémité supprime le danger dans le bureau, mais ne modifie en rien le potentiel de la ligne même : le déchargeur ramène ce potentiel à une valeur sensiblement nulle.

En dehors de ces dispositifs principaux qui constituent la base de la protection des lignes de signalisation contre les troubles provenant de la traction électrique, il a été imaginé un nombre considérable d'appareils basés sur différents principes et dont un grand nombre ont été expérimentés sur les lignes du Midi. Ces appareils ont été décrits dans les publications scientifiques, mais d'une façon générale, l'expérience a montré qu'ils étaient ou trop compliqués ou insuffisamment efficaces, et nous n'en parlerons pas ici.

(1) Le condensateur est facilement traversé par le courant alternatif perturbateur, vis-à-vis duquel il se comporte comme une résistance modérée, mais il assure l'isolement de la ligne par rapport au sol, et permet de contrôler cet isolement par des mesures au galvanomètre faites à partir des bureaux mêmes.

Digitized by Google

*Dispositifs appliqués à la ligne de traction.* — Au lieu de chercher à neutraliser les perturbations dans les lignes de signalisation, on peut s'attaquer à la cause même de ces troubles.

Pour contrebalancer l'influence électrique, il suffit de disposer à côté du fil de traction, un conducteur, dénommé fil de *contre-tension*, qui soit porté à une tension sensiblement égale et opposée à celle du fil de traction (au moyen d'un petit transformateur). En choisissant convenablement la tension, on arrivera à neutraliser exactement l'action électrique sur un fil parallèle placé dans une position donnée par rapport aux conducteurs de traction et de contre-tension ; alors, sur les conducteurs voisins, l'action, sans être nulle, sera suffisamment faible pour être négligeable. Cette disposition a été employée sur la ligne Dessau-Bitterfeld des chemins de fer prussiens, et sur la ligne Villefranche à Perpignan de la Compagnie du Midi.

Mais la question la plus difficile et la plus importante est la lutte contre l'induction magnétique. Pour diminuer cette induction, il faut réduire au minimum la surface du circuit de traction, c'est-à-dire, supprimer les courants vagabonds à travers la terre, et les ramener à passer par le rail ou mieux encore par un conducteur de retour placé le plus près possible du fil de contact. On y arrive par l'emploi des *transformateurs* suceurs, dont l'application a été faite sur les mêmes lignes que le fil de contre-tension.

Ces appareils sont tout simplement des transformateurs de rapport sensiblement égal à l'unité, dont le primaire est intercalé dans le fil de contact et le secondaire dans un conducteur de retour, relié au rail au milieu de chaque intervalle entre deux transformateurs. En plaçant ces appareils à des écartements de 2 à 4 km. le long de la voie, on ramène presque complètement le courant de retour dans le conducteur spécial, pour toutes les sections comprises entre l'usine et la section qui contient la locomotive ; l'induction magnétique est alors réduite à l'action : 1° de la section dans laquelle se trouve la locomotive ; 2° du flux provenant de la faible surface comprise entre le fil de traction et le conducteur de retour ; 3° de la petite fraction du courant

Digitized by Google

qui circule encore dans le rail et dans le sol par suite de ce que les suceurs ne remplissent leur rôle que d'une façon approximative.

La force électromotrice perturbatrice est ainsi, sinon supprimée, du moins réduite à une petite fraction de la valeur qu'elle aurait, en l'absence de ces dispositifs.

*Emploi des câbles aériens ou souterrains.* — A l'intérieur d'un câble sous plomb, qu'il soit posé dans le sol ou qu'il forme une ligne aérienne à suspension catenaire (avec crochets et fil de support), les conducteurs téléphoniques ou télégraphiques, comme dans le cylindre de Faraday, ne sont soumis à aucune influence statique de la part de la ligne de traction. Dans le câble posé dans le sol, l'armature métallique restera elle-même au potentiel du sol; mais si le câble constitue une ligne aérienne, la chemise de plomb et le fil de support, s'ils sont isolés, seront portés au potentiel du champ électrique de la ligne de traction ou, s'ils sont reliés au sol, seront parcourus par des courants de charge, comme il a été expliqué plus haut. Il sera d'ailleurs préférable, pour éviter tout danger pour le personnel, d'adopter cette dernière solution, en mettant à la terre, de distance en distance, le fil de support.

Mais, si les conducteurs d'un câble sous plomb sont à l'abri de toute influence électrique, ils restent soumis *individuellement* à l'induction électromagnétique, c'est-à-dire que dans une ligne télégraphique constituée par *un fil d'un câble sous plomb avec retour par la terre* sera produite une force électromotrice sensiblement égale à celle qui se développerait dans un conducteur libre occupant la même position dans l'espace, soit à l'air, soit dans le sol. La présence d'une armature conductrice reliée au sol ne provoquera qu'une légère réduction, et non la suppression de cette force électromotrice.

Par contre, dans un circuit bifilaire du même câble, l'action électromagnétique est nulle, la surface offerte par ce circuit étant insignifiante, puisque les fils qui le constituent sont torsadés l'un sur l'autre.

Digitized by Google

Comme conséquence de ce qui précède, nous voyons que l'emploi des câbles, souterrains ou aériens, permettra d'éviter d'une façon parfaite les troubles provenant des lignes de traction, à la double condition de relier à la terre la chemise de plomb ou le fil de support des câbles aériens et d'employer, pour la télégraphie comme pour la téléphonie, des circuits avec fil de retour à l'intérieur du même câble.

*Comparaison entre les troubles dus aux divers systèmes de traction électrique.* — Examinons maintenant ce qui se passe dans les autres systèmes de traction électrique.

Les réactions du triphasé ne diffèrent pas essentiellement de celles du monophasé, les proportions numériques peuvent être seulement modifiées. Le retour par le rail et le sol existe dans des conditions analogues : l'action électrique sera en général plus faible parce que la tension adoptée est fréquemment 3.000 volts au lieu de 11.000 à 15.000 volts et l'induction magnétique sera au moins du même ordre de grandeur, les intensités de courant étant majorées du fait de la diminution des tensions. On pourrait d'ailleurs, si on le voulait, employer des transformateurs suceurs, comportant au primaire, un enroulement dans chacune des deux phases aériennes et, au secondaire, un enroulement embroché en série dans un conducteur de retour, relié au rail comme dans le cas du monophasé; nous ne croyons d'ailleurs pas que personne ait proposé cette solution.

Par contre, le système à courant continu se comporte d'une façon nettement différente. La tension relativement faible de 3.000 volts n'exerce qu'une influence électrique beaucoup moins importante, et comme elle est constante, elle ne donne pas lieu à un courant de charge en cas de mauvais isolement de la ligne induite.

Si le courant était, lui aussi, rigoureusement continu et constant, l'induction magnétique ne donnerait également lieu à aucune force électromotrice perturbatrice. Mais, en pratique, il n'en est rien : à cause de la présence des encoches et des phénomènes de la commutation, le courant subit des variations périodiques de

Digitized by Google

faible valeur, mais de fréquence élevée (proportionnelle à la vitesse du train); ces variations, grâce à leur fréquence élevée, engendrent des forces électromotrices assez notables dans les lignes, et comme leur fréquence est du même ordre que celle des vibrations de la voix humaine, elles apportent un trouble considérable dans l'exploitation téléphonique : les variations brusques du courant au démarrage et à l'arrêt, et particulièrement les coupures brusques, produisent aussi des perturbations.

Les intensités de courant sont plus fortes qu'en monophasé, la tension étant plus faible; bien que la résistance apparente du rail soit moindre, une partie notable du courant passe encore par le sol; pour ramener le courant dans le rail, les transformateurs suceurs ne peuvent plus être employés, mais doivent être remplacés par des survolteurs rotatifs beaucoup plus complexes.

Il faut donc s'attendre avec le système à courant continu (l'expérience des tramways suburbains est là pour le montrer) à des troubles importants, au moins dans les lignes téléphoniques, indépendamment des effets d'électrolyse dans la zone voisine des voies ferrées; par contre, l'action perturbatrice sera vraisemblablement moindre sur les lignes télégraphiques.

*Résultats expérimentaux de la Compagnie du Midi.* — Les résultats obtenus par la Compagnie du Midi, avec le système monophasé à 16 périodes et 11.000 volts sont très caractéristiques. Sur la ligne de Villefranche à Perpignan, d'une longueur de 47 km., des transformateurs suceurs ont été disposés tous les 4 km. et un fil de contre-tension a été installé tout le long de la ligne. Les lignes de signalisation de Prades à Perpignan suivent la voie du chemin de fer électrique sur une longueur de 40 km. environ; dans les lignes télégraphiques Morse, il a été seulement intercalé des impédances à Prades : dans les deux circuits téléphoniques, ont été disposés, à Prades, comme à Perpignan, des transformateurs de rapport égal à l'unité, sans autre protection.

Dans ces conditions, les résultats d'exploitation ont été les suivants :

Digitized by Google

Le fonctionnement de l'appareil Morse ne présente aucune difficulté. Les lignes téléphoniques donnent une audition excellente, quand il n'y a aucun défaut d'isolement; on entend seulement un son musical léger, qui ne gêne pas la conversation, et qui est dû à la fois aux deux influences électrique et magnétique; régulier quand il n'y a pas de trains en route, ce son comporte des modulations variables avec la vitesse de la locomotive, qui permettent de suivre la marche des trains.

Par contre, le moindre défaut d'isolement sur une ligne téléphonique empêche absolument toute communication, le bruit couvrant alors complètement la voix.

Sur les autres lignes de traction électrique du Midi, savoir Tarbes à Bagnères-de-Bigorre, Lannemezan à Arreau et Lourdes à Pierrefitte, qui ont chacune une longueur d'environ 20 km., il n'y a ni transformateurs suceurs, ni fil de contre-tension. Pour les lignes télégraphiques Morse, avec retour par la terre, la protection adoptée dépend de l'importance de la force électro-motrice perturbatrice, calculée, comme il a été dit plus haut, à raison de 0,1 volt par ampère et par kilomètre.

Pour les lignes où la force électromotrice perturbatrice ne dépasse pas 100 volts, on s'est contenté de disposer des impédances (de 2.000 ohms et 50 henrys) à chaque extrémité du circuit. Pour les lignes, où cette force électromotrice dépasse 100 volts, on a intercalé tous les 4 km. des impédances (300 ohms et 10 henrys) ; à chaque extrémité, on a installé un shunt résonant Latour (1), comprenant en série un condensateur de 2 microfarads et une bobine de self de 50 henrys et 40 ohms ; de plus, dans la ligne, est disposée, à l'entrée du poste, une impédance de 30 henrys et 1.500 ohms.

(1) Ce shunt résonant est établi de façon à se trouver en résonance avec la fréquence de 16 périodes, c'est-à-dire qu'il n'oppose au courant de cette fréquence exacte qu'une résistance apparente limitée à la valeur de la résistance ohmique, tandis que pour toute autre fréquence, différant appréciablement de 16 périodes, il a une résistance apparente beaucoup plus élevée. Il permet donc au courant perturbateur à 16 périodes de s'écouler dans le sol, sans toutefois dériver une partie trop importante du courant de travail. Le bon fonctionnement de cet appareil n'est assuré que si la fréquence du courant de traction reste bien constante et égale à la valeur pour laquelle le shunt est réglé.

Digitized by Google

Il existe entre Bagnères-de-Bigorre et Tarbes un appareil Hughes. On n'a pu obtenir un fonctionnement convenable de cet appareil qu'en le munissant d'un fil de retour isolé ; on l'a alors muni d'un déchargeur avec condensateurs comme un circuit téléphonique, et on a de plus placé, aux deux extrémités du circuit, une résistance de 750 ohms en dérivation entre les fils. Avec ces précautions, on est arrivé à utiliser l'appareil Hughes, mais le fonctionnement est assez capricieux.

Sur les lignes téléphoniques, on a effectué les rotations tous les 250 m., et installé à chaque entrée de poste un transformateur relais, ainsi qu'au milieu de la ligne un déchargeur avec condensateurs.

Dans ces conditions, pour un trafic modéré d'hiver sur le chemin de fer, l'exploitation télégraphique et téléphonique est admissible, mais elle laisse beaucoup à désirer quand le trafic devient plus important en été.

*
* *

### 6° Conclusions.

Les résultats obtenus par la Compagnie du Midi conduisent à des conclusions très nettes, en ce qui concerne les relations entre la traction électrique monophasée et le fonctionnement des lignes de signalisation des P. T. T.

1° Pour de petits embranchements très courts, d'une vingtaine de kilomètres au plus, avec un trafic faible, correspondant à un courant qui ne dépasse pas une centaine d'ampères et se tient même généralement beaucoup au-dessous de cette valeur, on peut obtenir une exploitation convenable du téléphone et du télégraphe Morse, en utilisant les dispositifs simples de protection des lignes de signalisation et sans apporter de modifications à la ligne de traction monophasée, avec retour par le rail et la terre ;

2° Pour des voies à trafic plus important ou de plus grande longueur, dans lesquelles le courant perturbateur dépasse une limite de 1.000 à 2.000 ampères-kilomètres, on ne peut plus se

Digitized by Google

contenter d'agir sur les lignes à protéger, mais il est absolument nécessaire de supprimer le retour par le sol, par l'emploi des transformateurs suceurs, auxquels il est bon d'ajouter le fil de contre-tension pour diminuer le potentiel dangereux sur le téléphone.

Nous ne pouvons évidemment préciser jusqu'à quelles limites de débit dans la ligne de traction et de longueur de parallélisme, l'emploi des suceurs et du fil de contre-tension permettrait d'assurer une exploitation convenable du téléphone et du télégraphe Morse, mais l'exemple du Midi montre que le bon fonctionnement est possible pour un parallélisme de 40 km. et un courant de traction atteignant 200 ampères, soit 8000 ampères-kilomètres, avec l'addition de transformateurs relais pour les téléphones et d'impédances pour les télégraphes, à la condition que l'isolement des lignes téléphoniques reste parfait et que les courts-circuits soient soigneusement évités sur la ligne de traction ;

3° En ce qui concerne les appareils télégraphiques plus sensibles, Baudot et Hughes, et les lignes téléphoniques à longue distance (100 km. et au delà), il ne faut pas espérer assurer leur fonctionnement, si on les maintient sous la forme actuelle de lignes aériennes le long des voies ferrées équipées électriquement en courants monophasés ou triphasés, probablement même aussi en continu haute tension.

Il est donc de toute nécessité, puisque l'électrification d'une notable partie des chemins de fer doit procurer à la nation les avantages que nous avons énumérés plus haut, d'envisager franchement le déplacement de ces lignes télégraphiques et téléphoniques à longue portée, ou suivant les cas, leur transformation en lignes bifilaires sous câbles aériens ou souterrains. C'est d'ailleurs la solution adoptée en Suisse et en Italie, dans la zone des réseaux ferrés électrifiés.

Il en résultera évidemment des travaux considérables et une dépense importante, mais il faut considérer que ce n'est là qu'une petite partie d'une entreprise formidable.

La position actuelle des lignes télégraphiques ou téléphoniques le long des voies ferrées est très défavorable à leur surveillance et

Digitized by Google

à leur entretien, et elles seraient beaucoup mieux placées le long des routes, ce qui permettrait aux agents de l'Administration de les entretenir plus aisément avec des véhicules automobiles, voire même avec de simples bicyclettes.

L'organisation de la traction électrique demandera pour son exécution un certain nombre d'années, pendant lesquelles l'Administration des Postes et Télégraphes aura tout le temps nécessaire pour effectuer cette modification.

D'autre part, on commence à utiliser beaucoup, dans certains pays, notamment en Amérique, les lignes en câbles souterrains ou aériens et nous savons que l'Administration française étudie de son côté la question et sera vraisemblablement amenée à employer le même dispositif pour un certain nombre de lignes.

Avec l'électrification d'une partie notable des chemins de fer français, se présente pour l'Administration des Postes et Télégraphes, à la fois la *nécessité et l'occasion* de modifier l'organisation de ses lignes en la modernisant : nous estimons, pour notre part, que l'Administration doit entrer franchement dans cette voie, et collaborer ainsi à une entreprise des plus importantes, dont nous avons essayé de résumer, dans cette étude les avantages pour la Nation et les conditions techniques et financières d'exécution.

NOTA : La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs.

Digitized by Google

# RÈGLES GÉNÉRALES

## suivies aux Etats-Unis pour protéger les lignes téléphoniques contre les lignes triphasées

par M. VALENSI,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

### INTRODUCTION

Les problèmes souvent difficiles qui se posent à cause de la proximité des lignes d'énergie électrique et des lignes téléphoniques ou télégraphiques prennent chaque jour plus d'importance. Les intérêts du public exigent que la solution apportée à ces problèmes ne cause aucun préjudice ni au téléphone ni à la distribution d'électricité car le public a autant besoin de l'un que de l'autre. Le téléphone et le télégraphe sont entrés dans nos mœurs et sont devenus une condition indispensable de la vie moderne ; mais l'énergie électrique de source industrielle, qui sert à l'éclairage, au chauffage, au fonctionnement de nombreuses usines et de moyens de transport très pratiques tels que les tramways et les chemins de fer électriques appelés à prendre de plus en plus d'extension, est aussi indispensable que le téléphone, sinon davantage.

Or, à mesure que les réseaux de distribution électrique et le réseau téléphonique se développent dans une même région, les croisements entre des lignes de natures différentes, et tous les dangers que ces croisements présentent en cas de rupture d'un fil, deviennent de plus en plus difficiles à éviter ; il en est de même des parallélismes le long desquels les lignes téléphoniques sont séparées des lignes d'énergie par des distances si petites que de graves perturbations inductives rendent la conversation impossible sur les circuits et peuvent même provoquer des accidents de personnes ou des dégâts matériels importants.

La solution des problèmes de coexistence de lignes téléphoniques et de lignes d'énergie dans un sens équitable ne lésant aucun intérêt public exige la plus étroite coopération entre les services techniques des administrations téléphoniques et des compagnies d'électricité. A l'ori-

Digitized by Google

gine, lorsque les réseaux de distribution de force et de lumière firent leur apparition, les ingénieurs des téléphones étudièrent et prirent d'importantes mesures pour réduire le plus possible les risques de contact et les troubles inductifs entre fils téléphoniques et fils d'énergie : c'est ainsi que le retour par la terre fut supprimé et que les circuits téléphoniques furent constitués par deux fils conducteurs au lieu d'un seul ; puis ces circuits furent convenablement anti-inductés au moyen de rotations successives des deux fils de chaque circuit et convenablement équipés d'organes de protection étudiés avec soin (fusibles et paratonnerres). Tous ces perfectionnements furent introduits d'une façon successive par l'ingénieur des téléphones à mesure que les lignes voisines (et surtout les lignes d'énergie) se faisaient de plus en plus gênantes par leur nombre, par leur proximité, par l'importance des voltages et des courants que ces lignes supportaient. Actuellement, étant donné le développement extraordinaire et toujours croissant des réseaux de distribution électrique et les tensions élevées sous lesquelles les transports de grandes quantités d'énergie électrique s'effectuent couramment sur des distances considérables, il ne semble plus possible de remédier aux perturbations qui en résultent pour le télégraphe et le téléphone au moyen de mesures prises uniquement dans les installations ou sur les lignes téléphoniques et télégraphiques. La coopération entre les ingénieurs électriciens et les ingénieurs des téléphones est devenue absolument nécessaire.

En Amérique, les télégraphes et les téléphones, tout comme les distributions d'électricité, sont aux mains de compagnies industrielles privées dont les plus importantes sont les compagnies Bell associées (1). La coexistence de lignes de natures différentes dans une même région ne crée donc que des conflits entre sociétés industrielles tout à fait indépendantes de l'État. Au lieu d'instituer d'interminables débats devant les tribunaux civils, ces sociétés, avec ce sens remarquable des affaires qui caractérise les Américains, ont bien vite compris qu'il valait mieux s'entendre entre elles et collaborer étroitement pour le plus grand bien de tous. C'est ainsi que des Comités techniques analogues à notre *Comité d'Électricité*, siégeant au Ministère des Travaux Publics, se sont créés dans de nombreux États d'Amérique; composés à la fois d'ingénieurs électriciens appartenant à des compagnies de distribution ou de traction électriques et d'ingénieurs des téléphones,

(1) Il en était du moins ainsi avant l'entrée en guerre des États-Unis, car, depuis cette année, l'Administration des Postes américaine exerce son contrôle sur toutes les Compagnies de télégraphe et de téléphone et coordonne l'action de ces différentes Compagnies.

Digitized by Google

ces comités ont été chargés d'étudier en détail au moyen des méthodes scientifiques les plus perfectionnées les causes des troubles constatés sur les circuits téléphoniques et sur les fils télégraphiques voisins des lignes d'énergie ainsi que les procédés les plus pratiques et les plus économiques permettant de réduire ces troubles à une valeur suffisamment petite pour ne pas gêner les communications par téléphone et par télégraphe.

Le plus important de ces Comités fut celui de l'État de Californie dont la création fut décidée sur la proposition de la commission des chemins de fer de cet état (Railroad Commission of the State of California) à la suite de difficultés et de conflits d'intérêts qui s'étaient élevés entre les Compagnies de chemins de fer électriques (notamment la Southern Pacific Company), les compagnies de distribution de force et lumière (Pacific Light and Power Corporation, Great Western Power C°, Pacific Gas and Electric Company, Sierra and San Francisco Power Company), et les Compagnies télégraphiques et téléphoniques (notamment Pacific Telephone and Telegraph Company et Western Union Telegraph Company). Ce Comité fut créé le 16 décembre 1912, fut composé de représentants de ces différentes sociétés ayant tous une grande valeur technique, reçut le nom de « Joint Committee on Inductive Interference », et fut chargé d'effectuer les essais, les expériences et les recherches nécessaires pour jeter les bases d'une réglementation tendant à réduire le plus possible les dangers de contact et les troubles d'induction provenant du voisinage de lignes électriques de natures différentes.

Des expériences très complètes et très méthodiques furent effectuées en de nombreux endroits, notamment à Salinas (janvier-juillet 1913) et à Santa-Cruz (juillet-décembre 1913). La description de ces expériences et la discussion de leurs résultats ont fait l'objet de cinquante mémoires techniques que la commission des chemins de fer de Californie se propose de publier ultérieurement. Un rapport préliminaire a été présenté par le Joint Committee à la Commission des chemins de fer de Californie qui l'a approuvé le 30 juillet 1914 (1). Après des travaux complémentaires, le rapport du Joint Committee a été achevé le 28 septembre 1917, de sorte que les ingénieurs américains possèdent maintenant une doctrine assez bien établie en matière de protection des lignes téléphoniques ou télégraphiques contre les lignes d'énergie.

En France, on s'est beaucoup occupé également de questions de ce

(1) Ce rapport a été publié dans *The Procedings of the American Institute of Electrical Engineers* (vol. 33, p. 1461).

Digitized by Google

genre, et en particulier des perturbations causées par la traction électrique monophasée sur les lignes télégraphiques, mais il semble que certains problèmes de cette catégorie ont moins retenu l'attention, probablement parce qu'ils ne présentaient pas ce caractère de gravité qui apparaît chaque fois qu'il s'agit de traction électrique monophasée : c'est ainsi que, dans « l'Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels » (1), on trouve peu de données précises sur la protection des lignes téléphoniques contre les lignes triphasées d'énergie électrique. Aussi nous a-t-il semblé que ce cas particulier pourrait être choisi pour exposer les points de vue, peu connus dans notre pays, des techniciens américains, d'autant plus que ce problème du parallélisme entre une ligne téléphonique et une ligne triphasée est assez complexe.

Les avantages des courants triphasés sur le courant monophasé, au point de vue du transport de l'énergie électrique, après avoir été pendant quelque temps admis comme un dogme, ont été depuis bien discutés. Par contre, au point de vue de la production de l'énergie sous forme électrique, les courants triphasés présentent sur le courant monophasé des avantages généralement reconnus. L'alternateur monophasé a en effet une réaction d'induit non équilibrée qui produit de fortes variations de flux dans les cornes polaires. De tels générateurs doivent donc être établis avec des tôles plus minces et présentent souvent une construction mécanique moins bonne que les générateurs triphasés. La forte réaction d'induit entraîne des difficultés pour l'obtention d'un bon réglage; le cuivre placé sur l'inducteur doit être plus lourd que dans un alternateur triphasé équivalent ; l'excitatrice doit être plus puissante ; et finalement, le prix d'un alternateur monophasé est, à puissance égale, plus élevé que celui d'un alternateur triphasé. Les difficultés d'établissement d'un alternateur monophasé augmentent quand la fréquence du courant produit diminue, et, pour des fréquences inférieures à vingt-cinq périodes, on peut éprouver de très sérieuses difficultés de construction pour une série de machines monophasées, surtout quand il s'agit d'alternateurs à deux ou quatre pôles entraînés par des turbines à vapeur, dans lesquels le flux inducteur par pôle a une valeur élevée. Quoi qu'il en soit on peut affirmer que les lignes triphasées, déjà très répandues dans notre pays, se répandront davantage encore, surtout lorsqu'on songera après la guerre

(1) Instruction en usage dans l'Administration des Postes et des Télégraphes, publiée en 1918, et reproduisant dans sa dernière partie le texte de toutes les circulaires administratives concernant la protection des installations télégraphiques et téléphoniques.

Digitized by Google

à électrifier nos chemins de fer, en particulier dans les régions montagneuses, et à mettre en œuvre systématiquement toutes les ressources en houille blanche de notre pays. Comme d'autre part le téléphone est appelé lui aussi à se développer considérablement chez nous, et que les lignes téléphoniques interurbaines seront encore en bien des endroits établies en fils nus aériens, il est infiniment probable que les cas de parallélisme aérien entre circuits téléphoniques et lignes triphasées se multiplieront dans l'avenir, de sorte que les règles générales énoncées dans cette étude peuvent présenter chez nous quelque intérêt. Nous nous sommes inspiré, en rédigeant cette étude, des conversations que nous eûmes à New-York lors de notre mission aux États-Unis (1) avec les distingués ingénieurs de l'American Telephone and Telegraph Company (Engineering Department) auxquels nous renouvelons l'expression de nos sentiments reconnaissants, ainsi que du rapport préliminaire du Joint Committee et de deux articles très intéressants des « Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers », l'un de MM. A. H. Griswold et R. W. Mastick intitulé : « Interference as a practical problem » et l'autre de M. Harold S. Osborne intitulé : « The design of transposition for parallel power and telephone circuits ».

## CHAPITRE PREMIER

### Définitions générales. — Nature des phénomènes observés dans les parallélismes entre fils d'énergie et fils téléphoniques.

Nous considérerons dans cette étude : 1° d'une part, des lignes aériennes à trois fils servant au transport de l'énergie électrique à potentiels constants sous forme de courants alternatifs triphasés et dans lesquels le voltage entre deux conducteurs quelconques est supérieur ou au moins égal à 5.000 volts et le voltage entre un conducteur quelconque et la terre est supérieur ou au moins égal à 3.000 volts. C'est à des lignes de cette nature que s'appliquent les prescriptions du Joint Committee; 2° d'autre part, des circuits téléphoniques entièrement métalliques, n'utilisant pas la terre comme conducteur de retour; ces circuits peuvent être à deux fils pris en série, l'un comme conducteur d'aller et l'autre comme conducteur de

(1) Mission aux États-Unis de fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes (mai à juillet 1917).

Digitized by Google

retour (circuits physiques ou combinants) ou à quatre fils, deux de ces fils étant pris en parallèle pour constituer le conducteur d'aller et les deux autres pris également en parallèle pour constituer le conducteur de retour (circuits fantômes ou combinés).

Nous appelons lignes téléphoniques l'ensemble des circuits téléphoniques placés sur les mêmes poteaux.

Nous appelons « section de parallélisme » ou simplement « parallélisme » la section de la ligne téléphonique dans laquelle cette ligne suit à peu près le même chemin qu'une ligne d'énergie, la distance entre ces deux lignes de natures différentes n'étant pas rigoureusement constante comme dans le cas des courbes géométriquement parallèles, mais restant toujours suffisamment petite pour que la ligne d'énergie soit susceptible de créer des perturbations électriques dans les circuits téléphoniques. Ces perturbations peuvent être causées en partie par des courants dérivés quittant la ligne d'énergie pour atteindre à travers le sol les circuits téléphoniques ; mais, à cause du bon état d'isolement qu'il y a lieu de maintenir sur les lignes pour bien des raisons, ces courants dérivés jouent un très petit rôle, et les perturbations électriques constatées sont surtout dues à des courants induits par la ligne d'énergie dans les circuits téléphoniques par deux mécanismes différents. Ces deux mécanismes sont l'induction électro-statique et l'induction électro-magnétique.

### A. — Cas d'un seul conducteur d'énergie et d'un seul circuit téléphonique.

Pour expliquer la nature de ces phénomènes, nous pouvons en premier lieu considérer le cas simple où l'on a affaire à un seul circuit téléphonique et un seul conducteur d'énergie électrique (fig. 1).

Supposons qu'à l'origine du fil d'énergie (poste de départ) un alternateur (ou une source quelconque de force électro-motrice alternative) établisse une différence de potentiel alternative entre le fil d'énergie et la terre. Le fait que, à un instant donné, le potentiel du fil par rapport à la terre au poste de départ croît plus ou moins vite entraîne l'établissement autour du fil d'énergie d'un champ électrique dont les lignes de force, dirigées par exemple du fil vers la terre, peuvent être considérées comme ayant leurs extrémités attachées à des charges électriques. Ces charges électriques se déplacent le long du fil d'énergie depuis le poste de départ, où se trouve le générateur, jusqu'au poste d'arrivée, où se trouve le récepteur ; et leur déplacement constitue précisément le courant électrique qui parcourt le fil d'énergie.



Digitized by Google

L'existence de ce courant entraîne à son tour l'établissement d'un champ magnétique dont les lignes de force ont la forme de boucles fermées embrassant le fil d'énergie. Les lignes de force électrique et les lignes de force magnétique ainsi formées se déplacent ensemble le long du fil en se soutenant mutuellement et toutes deux représentent de l'énergie sous une forme différente. Leur ensemble constitue une onde électro-magnétique qui se propage le long du fil conducteur et qui est en quelque sorte guidée par ce fil conducteur. Cette propagation n'est pas instantanée ; d'autre part, l'onde a une étendue finie ; il en résulte que les distributions respectives des lignes de force élec-

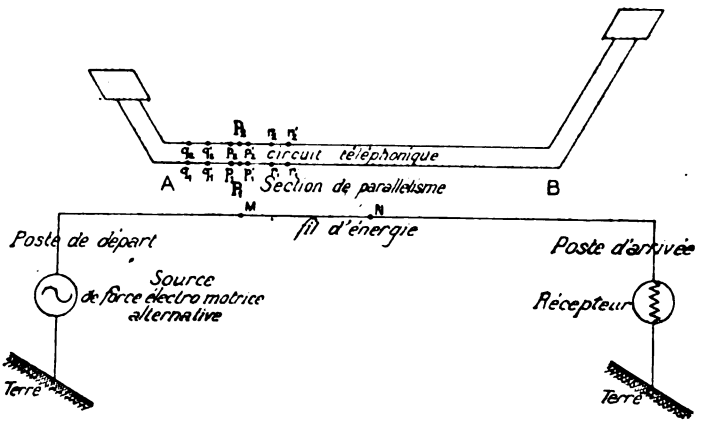



Fig. 1. — **Parallélisme entre un fil d'énergie et un circuit téléphonique.**

trique et des lignes de force magnétique ne sont pas nécessairement les mêmes au même moment en tous les points du fil conducteur ; en d'autres termes, si ce fil était suffisamment long par rapport à l'étendue d'une onde (ce qui n'est pas d'ordinaire le cas des lignes d'énergie parcourues par des courants alternatifs de basse fréquence, mais ce qui est par exemple le cas des lignes téléphoniques parcourues au contraire par des courants alternatifs de fréquences relativement élevées) on trouverait sur le fil plusieurs points où le courant est nul et le voltage entre fil et terre maximum et également plusieurs points où le voltage est nul et le courant maximum.

Dans le cas des réseaux de distribution électrique usuels, si l'on considère par exemple une section de parallélisme A B entre un fil d'énergie et une ligne téléphonique, on aura au même moment des voltages de même signe et des intensités de courant de même signe en tous les points du fil conducteur sur toute cette section A B ; mais les valeurs absolues de ces voltages iront en décroissant progressive-

Digitized by Google

ment depuis l'extrémité A, située du côté du générateur, jusqu'à l'extrémité B, située du côté du récepteur, à cause des pertes de courants et des chutes de tension qui se produisent de proche en proche le long du fil d'énergie pendant la propagation.

Finalement, nous devons nous représenter les choses ainsi : en chaque point du fil d'énergie il existe une différence de potentiel alternative V entre le fil et la terre, dont la valeur efficace décroît tout le long de la section de parallélisme depuis l'extrémité A située du côté du générateur jusqu'à l'extrémité B située du côté du récepteur, et une intensité de courant alternative I dont la valeur efficace décroît également depuis l'extrémité A jusqu'à l'extrémité B. En chaque point du fil d'énergie, il existe autour de ce fil un champ électrique alternatif et un champ magnétique alternatif dont les lignes de force ont les dispositions représentées sur la figure 2.

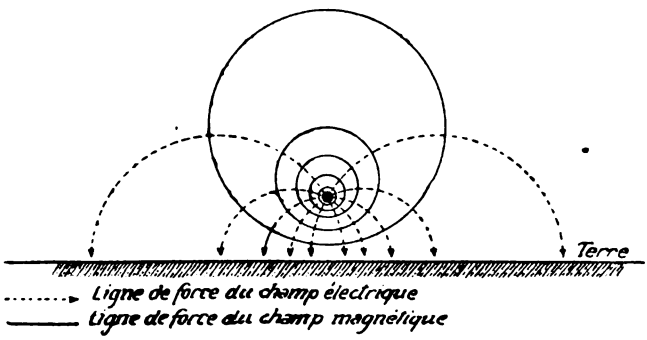



Fig. 2. — Champ magnétique et champ électrique autour d'un fil d'énergie.

1° *Induction électrostatique.* — A un instant quelconque, il existe donc au voisinage du point M du fil d'énergie (fig. 1) un champ électrique dont l'intensité décroît à mesure qu'on s'éloigne du point M; il en résulte que des potentiels électriques par rapport à la terre sont induits sur les différents éléments des deux fils du circuit téléphonique (le potentiel induit sur l'élément $p_1 p'_1$, le plus rapproché du point M, étant plus élevé que les potentiels induits sur l'élément $p_2 p'_2$ plus éloigné et *a fortiori* sur les éléments $q_1 q'_1$, $r_1 r'_1$, $q_2 q'_2$, $r_2 r'_2$ encore plus éloignés). De même le champ électrique dû au potentiel existant entre le point N, voisin du point M, et la terre (c'est-à-dire le champ électrique autour du point N) induit des potentiels par rapport à la terre, de valeurs différentes dans les différents éléments des conducteurs du circuit téléphonique et en particulier dans les éléments $p_1 p'_1$, $q_1 q'_1$, etc.

A l'instant considéré tous les potentiels induits par les différents

Digitized by Google

points du fil d'énergie sur l'élément $p_1 p'_1$ du circuit téléphonique se superposent et donnent un certain potentiel résultant de $p_1 p'_1$ par rapport à la terre. Il en résulte en premier lieu que, par le jeu de l'induction électro-statique, les fils téléphoniques situés à proximité des lignes d'énergie sont portés à des potentiels alternatifs par rapport au sol, dont les amplitudes sont souvent importantes et qui peuvent causer des graves accidents.

D'autre part le potentiel résultant induit sur l'élément $p_1 p'_1$ diffère du potentiel résultant induit au même moment sur l'élément $p_2 p'_2$ placé en regard. Il en résulte que, si l'on branche un récepteur téléphonique entre les points $P_1$ et $P_2$, des courants tendant à égaliser à tout instant les potentiels de ces deux points parcourront ce récepteur, d'où des bruits parasites qui se superposeront au son de la conversation.

2° *Induction électro-magnétique.* — A un instant quelconque il existe au point M du fil d'énergie (fig. 3) un courant $I_M$, qui crée un champ magnétique dont les lignes de force sont des boucles fermées autour de l'élément de fil conducteur situé au point M.

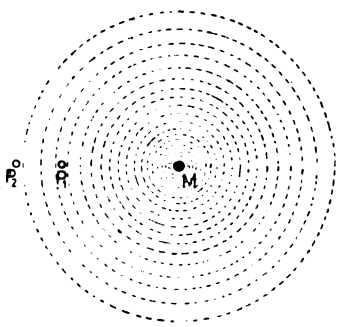



Fig. 3. — Flux magnétique embrassé par un circuit téléphonique voisin d'un fil d'énergie.

Quelques-unes de ces lignes de force coupent l'aire plane limitée au contour formé par les deux fils du circuit téléphonique considéré. De même le courant $I_N$ parcourant le fil d'énergie au point N au même instant crée un champ magnétique dont quelques lignes de force coupent également l'aire du circuit téléphonique ; ce circuit téléphonique embrasse donc un flux magnétique total qui à l'instant considéré a une certaine valeur.

Comme les courants $I_M$, $I_N$, etc., aux différents points du fil d'énergie varient périodiquement avec le temps, les champs magnétiques partiels considérés autour des points M, N, etc. se déforment constamment, leurs lignes de force se dilatant ou se contractant autour des éléments situés aux points M, N du fil d'énergie. Par suite le flux magnétique total embrassé par le circuit téléphonique varie constamment et, en vertu des lois de l'induction électro-magnétique, il en résulte une force électro-motrice induite dans le circuit téléphonique

Digitized by Google

et donnant naissance à des courants parasites susceptibles de troubler la conversation.

Tout se passe comme si le circuit téléphonique était le secondaire d'un transformateur dont le primaire est le conducteur d'énergie. Le circuit téléphonique est donc alimenté par le générateur de la station centrale d'électricité comme le circuit d'une lampe ou d'un moteur à courant alternatif, par une série de transformations successives.

### B. — Cas d'une ligne téléphonique et d'une ligne triphasée d'énergie électrique.

Supposons maintenant qu'au lieu d'un circuit téléphonique on ait une ligne téléphonique comportant plusieurs circuits et qu'au lieu d'un seul conducteur d'énergie, on ait une ligne triphasée à trois fils ; l'effet total qu'on observera dans un circuit téléphonique déterminé sera dû à l'action de chacun des trois fils d'énergie et à l'action de chacun des fils des autres circuits téléphoniques envisagés comme fils perturbateurs. Chaque fil téléphonique possède en effet à un moment donné en chacun de ses points un potentiel par rapport à la terre dû non seulement aux ondes de conversation qui se propagent le long de ce fil mais aussi aux potentiels induits électrostatiquement par les trois fils de la ligne triphasée, et de même est parcouru par un courant dû non seulement aux ondes de conversation mais aussi aux forces électro-motrices induites électromagnétiquement par les trois fils de la ligne triphasée.

Il est de règle, quand on établit une ligne téléphonique à nombreux circuits, de prendre des mesures qui rendent aussi faibles que possible le mélange apparent de conversation de circuit à circuit (ou cross-talk) ; ce mélange apparent est dû surtout à l'induction électrostatique (expériences de J. J. Carty) ; on arrive à le supprimer à peu près complètement en échangeant, à des intervalles réguliers, les positions des deux fils qui constituent ce circuit. Des croisements ou rotations de ce genre sont effectués sur les différents circuits en des points différents échelonnés le long de la ligne téléphonique, suivant des lois qui deviennent assez compliquées lorsque le nombre des circuits est grand ; grâce à toutes ces rotations on peut négliger l'induction électrostatique d'un fil téléphonique à l'autre, ce qui constitue une grande simplification. Au point de vue de l'induction électrostatique, on peut donc admettre que l'effet global observé dans un circuit déterminé de la ligne téléphonique est dû uniquement à l'action électrostatique combinée des trois fils d'énergie, action qui dépend de la valeur du potentiel de chacun de ces trois fils par rapport à la terre et de la distance de ces trois fils aux fils du circuit téléphonique considéré. Au point de vue de l'in-

Digitized by Google

duction électro-magnétique, étant donnés les courants énormes mis en jeu dans la ligne d'énergie et les courants infimes qui parcourent les fils téléphoniques, étant donné également l'effet de neutralisation que les croisements des circuits téléphoniques réalisent au point de vue de l'action mutuelle de ces circuits l'un sur l'autre, on peut également admettre que l'effet global observé dans un circuit téléphonique déterminé est dû uniquement à l'action électromagnétique combinée des trois fils d'énergie, action qui dépend de la valeur du courant dans chacun de ces trois fils et de la distance de chacun de ces trois fils aux fils du circuit téléphonique considéré.

## CHAPITRE II

### Définition des voltages et courants résiduels. — Leurs causes. — Importance des courants et des voltages résiduels au point de vue des troubles d'induction observés sur les circuits téléphoniques.

Nous sommes conduits, pour les raisons indiquées dans le chapitre précédent, à envisager l'action globale des voltages et des courants des trois fils de la ligne triphasée.

Nous appellerons *courant résiduel* en un point de la ligne triphasée le vecteur-somme des courants parcourant les trois fils de la ligne en ce point.

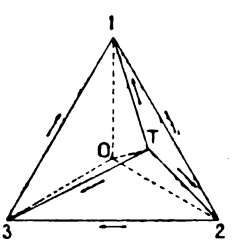


Fig. 4. — Diagramme des potentiels en un point de la ligne triphasée.

Nous appellerons de même *voltage résiduel* en un point de la ligne triphasée le vecteur-somme des voltages des trois fils de la ligne par rapport à la terre en ce point.

Nous supposons que la distribution d'énergie électrique se fait à potentiels constants; par suite, les machines de la station centrale génératrice maintiennent au départ de la ligne d'énergie, entre les trois fils pris respectivement deux à deux, des différences de potentiel alternatives égales en valeurs efficaces et décalées exactement d'un tiers de période, l'une par rapport à l'autre. Supposons ces différences de potentiel sinusoïdales.

Les différences de potentiel entre les fils 1 et 2,2 et 3,3 et 1 peuvent donc être représentées par les côtés $\overrightarrow{1\,2} : \overrightarrow{2\,3} : \overrightarrow{3\,1}$ d'un triangle équilatéral 1 2 3 (fig. 4). Dans ce diagramme, on peut considérer que les

Digitized by Google

sommets 1, 2, 3 représentent respectivement les potentiels des trois fils, le potentiel de la terre étant représenté par un point T qui peut être à l'intérieur ou à l'extérieur du triangle 1 2 3. Les différences de potentiel entre les fils 1, 2, 3 et la terre seront représentées respectivement par les vecteurs $\overrightarrow{T1}$, $\overrightarrow{T2}$, $\overrightarrow{T3}$; le voltage résiduel de la ligne d'énergie est par définition le vecteur-somme $(\overrightarrow{T1} + \overrightarrow{T2} + \overrightarrow{T3})$, or on a les égalités vectorielles :

$$\overrightarrow{T1} = \overrightarrow{TO} + \overrightarrow{O1}$$
$$\overrightarrow{T2} = \overrightarrow{TO} + \overrightarrow{O2}$$
$$\overrightarrow{T3} = \overrightarrow{TO} + \overrightarrow{O3}$$

d'où: voltage résiduel..... $= 3\overrightarrow{TO} + (\overrightarrow{O1} + \overrightarrow{O2} + \overrightarrow{O3})$.

Les différences de potentiel représentées par les vecteurs $\overrightarrow{O1}$, $\overrightarrow{O2}$, $\overrightarrow{O3}$, qui sont égaux en grandeur et décalés exactement d'un tiers de période l'un par rapport à l'autre, sont appelées par définition les *composantes équilibrées* des voltages des trois fils par rapport au sol.

Les différences de potentiel représentées par les trois vecteurs $\overrightarrow{TO}$, identiques en grandeur et en phase, sont appelées par définition les *composantes résiduelles* des voltages des trois fils par rapport au sol. Étant donné que la somme vectorielle entre parenthèses dans l'égalité précédente est nulle, il en résulte que le voltage résiduel de la ligne triphasée se réduit à $3\overrightarrow{TO}$; il est donc égal à trois fois la composante résiduelle du voltage de chacun des conducteurs par rapport à la terre.

Si l'un des conducteurs est à la terre (le point T coïncide par exemple avec le point 2), le voltage résiduel égal à $3\overrightarrow{TO}$ devient $3 \times \overrightarrow{2O} = \frac{3 \times \overrightarrow{23}}{\sqrt{3}}$ c'est-à-dire devient égal au produit par $\sqrt{3}$ du voltage entre deux des conducteurs de la ligne.

Partant de ce diagramme des potentiels au départ de la ligne triphasée, et connaissant les charges et les caractéristiques du réseau triphasé (c'est-à-dire les constantes électriques de la ligne triphasée, des transformateurs de sous-station, des moteurs, etc.), on peut tracer le diagramme des vecteurs représentant, en un point quelconque, les intensités de courant $I_1$, $I_2$, $I_3$, dans les trois fils de la ligne d'énergie ainsi que le diagramme des potentiels en un point quelconque de cette ligne. Dans le cas le plus général, on obtiendra pour le diagramme

Digitized by Google

des courants, un polygone ouvert A B C D (fig. 5) dans lequel on a les égalités vectorielles :

$$I_1 = \overrightarrow{A\,B}$$
$$I_2 = \overrightarrow{B\,E} + \overrightarrow{E\,C}$$
$$I_3 = \overrightarrow{C\,E} + \overrightarrow{E\,A} + \overrightarrow{A\,D}.$$

Les courants $I_1$, $I_2$, $I_3$ parcourant les trois fils de la ligne peuvent donc être décomposés : 1° en *composantes équilibrées* $\overrightarrow{A\,B}$, $\overrightarrow{B\,E}$, $\overrightarrow{E\,A}$ égales en grandeurs et exactement décalées d'un tiers de période l'une par rapport à l'autre. Le vecteur-somme de ces composantes équilibrées est nul; 2° en deux composantes E C, C E représentant des courants égaux en grandeurs décalés d'une 1/2 période l'un par rapport à l'autre et parcourant deux des fils d'énergie (fils 2 et 3) : ces composantes représentent donc un courant monophasé qui parcourt deux des fils de la ligne triphasée; 3° en un *courant résidu le* $\overrightarrow{A\,D}$ qui est le vecteur-somme des courants $I_1, I_2, I_3$.

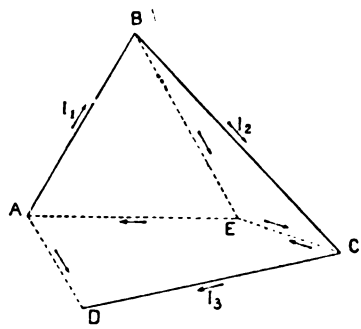



Fig. 5. — Diagramme des courants en un point de la ligne triphasée.

Dans la figure 5, nous avons fait la décomposition vectorielle en construisant un triangle équilatéral sur le vecteur A B représentant le courant $I_1$; on aurait pu de même partir du vecteur B C représentant le courant $I_2$, ou du vecteur C D représentant le courant $I_3$; de toutes façons le courant résiduel que l'on aurait trouvé aurait eu la même valeur $\overrightarrow{A\,D}$; ce courant résiduel doit donc être considéré comme partagé entre les trois fils pris en parallèle; il ne peut que s'écouler dans le sol, soit par les liaisons métalliques entre les points neutres et le sol (cas des montages en étoiles avec points neutres à la terre), soit par capacité à travers l'air (cas des montages en triangles) dans un réseau complètement isolé du sol.

Le courant résiduel d'une ligne triphasée est donc équivalent à un courant monophasé qui s'écoulerait par les trois fils pris en parallèle et la terre.

De même le voltage résiduel d'une ligne triphasée est équivalent à un voltage monophasé établi entre la terre et les trois fils pris en parallèle; ce voltage est égal à la composante résiduelle commune aux voltages de chacun des fils pas rapport à la terre.

Sur un circuit téléphonique parallèle à la ligne triphasée, l'induction

Digitized by Google

électrostatique est due aux composantes équilibrées et aux composantes résiduelles des voltages des trois fils par rapport à la terre. Si les trois fils étaient à la même distance du circuit téléphonique, l'effet total des composantes équilibrées serait nul ; cet effet total est d'ailleurs en général petit ; il peut être considérablement réduit au moyen de transpositions effectuées sur les lignes d'énergie, c'est-à-dire au moyen d'échanges mutuels de position des trois fils dans l'armement de la ligne triphasée(1). En ce qui concerne les composantes résiduelles des voltages des trois fils par rapport à la terre, on peut considérer au point de vue de l'induction électrostatique qu'il existe une différence de potentiel alternative monophasée $\overrightarrow{TO}$ (égale au tiers du voltage résiduel de la ligne), entre d'une part les trois fils pris en parallèle et considérés comme un conducteur métallique unique, et, d'autre part, la terre. Les transpositions de la ligne d'énergie sont en général sans effet sur la grandeur de ce voltage monophasé ; c'est pourquoi les composantes résiduelles sont bien plus gênantes que les composantes équilibrées.

L'induction électro-magnétique observée sur un circuit téléphonique parallèle à une ligne triphasée d'énergie électrique est due aux composantes équilibrées et aux composantes résiduelles des courants parcourant les trois fils. Les composantes équilibrées sont de deux sortes : les unes, égales en grandeur et décalées de 120° l'une par rapport à l'autre, correspondent à des courants égaux et exactement triphasés parcourant les trois fils de la ligne d'énergie ; les deux autres, égales en grandeur et de phases opposées, correspondent à un courant monophasé parcourant deux des fils de la ligne d'énergie. Si les trois fils d'énergie étaient à la même distance du circuit téléphonique, l'effet électro-magnétique total de ces composantes équilibrées sur le circuit serait nul ; cet effet est d'ailleurs petit, et peut être réduit considérablement par des transpositions de la ligne d'énergie. Au point de vue des composantes résiduelles des courants, tout se passe comme si l'on avait affaire à un courant alternatif monophasé s'écoulant par

(1) Une transposition est pour une ligne d'énergie ce qu'une rotation est pour un circuit téléphonique ; en fait, les deux choses sont rigoureusement identiques dans le cas d'une ligne monophasée à deux fils ; dans le cas d'une ligne triphasée, il faut trois transpositions successives pour ramener la ligne à son état géométrique initial, alors que deux rotations de 180° suffisent pour remettre un circuit téléphonique dans les conditions géométriques initiales. Un nombre suffisant de transpositions de la ligne triphasée, en plaçant chacun des trois fils à *une distance moyenne* identique du circuit téléphoniqne, neutralise les effets d'induction électrostatiques dus aux composantes équilibrées des voltages des trois fils par rapport à la terre.

Digitized by Google

les trois fils pris en parallèle et retournant par la terre. La conductibilité de la terre étant loin d'être parfaite, ce courant de retour se distribue largement et profondément dans le sol (où il atteint souvent une profondeur considérable); c'est pourquoi les composantes résiduelles des courants sont, elles aussi, bien plus gênantes que les composantes équilibrées.

On peut donc assimiler une ligne triphasée, dans les conditions de fonctionnement habituelles avec charges plus ou moins bien équilibrées, à un ensemble de deux lignes : 1° d'une ligne triphasée équilibrée A — A', B — B', C — C' occupant les mêmes positions géométriques que la ligne réelle (fig. 6); 2° une ligne monophasée fictive

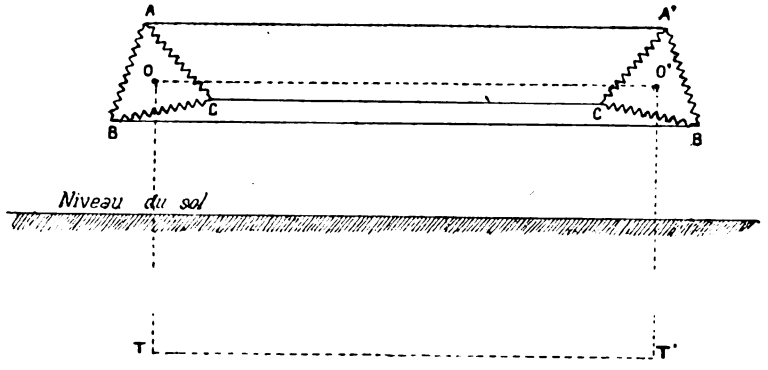



Fig. 6.

constituée par un conducteur d'aller 0 — 0' équivalant aux trois fils de la ligne réelle pris en parallèle et par un conducteur filiforme fictif T' — T, ou conducteur de retour, représentant la terre, peu résistant, mais situé à une distance souvent considérable du conducteur 0 — 0' (fig. 6) (1). Les transpositions de la ligne d'énergie réelle sont sans action sur la forme géométrique de cette ligne monophasée fictive, alors qu'elles modifient la forme géométrique de la ligne triphasée équilibrée fictive; par conséquent, tandis qu'on peut concevoir une neutralisation complète de l'action de cette dernière, grâce à des transpositions convenablement effectuées et en nombre suffisant, il

(1) En réalité, il faudrait, pour que cette assimilation fût rigoureuse, adjoindre une troisième ligne fictive constituée par deux des fils de la ligne réelle pris en série, et parcourus par un courant monophasé. Mais, si l'on parvient à neutraliser l'effet de la ligne triphasée équilibrée fictive sur les circuits téléphoniques, il est clair qu'on neutralise du même coup l'effet de cette troisième ligne fictive; de sorte qu'on peut se borner à ne considérer que les deux premières mentionnées ci-dessus.

Digitized by Google

est impossible de neutraliser complètement l'action de la ligne monophasée fictive sur le circuit téléphonique.

Tout se passe comme si la ligne monophasée O O' T' T O était parcourue par le courant résiduel et présentait entre ses deux fils O O' et T T' une tension égale au voltage résiduel, toute transposition étant d'ailleurs impossible à réaliser sur cette ligne. Les distances entre un circuit téléphonique et les deux fils O O' et T T' sont très différentes, le conducteur O O' étant bien plus rapproché du circuit téléphonique que le conducteur T T'; par suite, un voltage important sera induit électrostatiquement entre les fils du circuit téléphonique et la terre, et les rotations effectuées sur le circuit téléphonique ne peuvent pas permettre de diminuer la valeur de ce voltage induit; d'autre part, le champ magnétique créé par la ligne monophasée fictive est très vaste, et ses lignes de force pénètrent largement entre les fils du circuit téléphonique, même lorsque ce circuit se trouve à une distance relativement grande de la ligne triphasée; il s'ensuit que des courants perturbateurs sont induits électromagnétiquement dans ce circuit; l'importance de ces courants peut être réduite au moyen de rotations de ce circuit téléphonique, grâce auxquelles tantôt une face, tantôt l'autre face du circuit se présente au flux magnétique perturbateur.

Il résulte de cette analyse que ce sont surtout les voltages et courants résiduels de la ligne triphasée qui importent, tant au point de vue de l'induction électrostatique que de l'induction électromagnétique, l'effet inductif par volt de voltage résiduel, ou par ampère de courant résiduel étant infiniment plus grand que l'effet inductif par volt de voltage équilibré ou par ampère de courant équilibré. Au point de vue des troubles d'induction, les voltages et courants résiduels correspondent aux plus mauvaises conditions possibles : courants monophasés avec retour par la terre, comme dans le cas de la traction monophasée. La plus grande attention doit donc être apportée à la solution du problème qui consiste à réduire les courants et voltages résiduels à des valeurs assez faibles pour ne causer aucune perturbation sérieuse sur les circuits téléphoniques. Fort heureusement, c'est grâce aux courants et aux voltages équilibrés, que sont accomplies les fonctions utiles de la ligne d'énergie; en d'autres termes, les voltages et courants résiduels ne sont pas du tout nécessaires au fonctionnement du réseau de distribution électrique; il y a donc à les supprimer un grand avantage au point de vue du téléphone, et il n'y a par contre aucun inconvénient au point de vue du réseau d'énergie.

Digitized by Google

## Causes des voltages et courants résiduels.

Il convient de distinguer à ce point de vue les deux types de réseaux triphasés que l'on rencontre le plus souvent aux États-Unis : 1° réseaux à points neutres à la terre, dans lesquels toutes les stations génératrices ainsi que les principaux postes récepteurs sont montés en étoile avec au moins un point neutre à la terre ; 2° réseaux isolés du sol qui normalement ne sont reliés à la terre en aucun point ; ces réseaux comportent soit des montages en triangle, soit des montages en étoile dont les points neutres n'ont aucune liaison métallique avec le sol.

### A) CAS DES RÉSEAUX TRIPHASÉS A POINTS NEUTRES A LA TERRE.

Quelle que soit la complexité du réseau, on peut toujours, en rapportant l'impédance des récepteurs au primaire des transformateurs qui les alimentent, être ramené au cas simple de la figure 7.

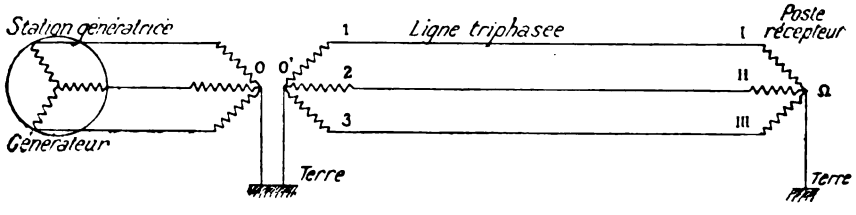



Fig. 7. — Schéma simplifié d'un réseau triphasé à points neutres à la terre.

Il est commode de décomposer la ligne triphasée en trois circuits simples, à savoir : O' 1 I Ω terre O', — O' 2 II Ω terre O', — O' 3 III Ω terre O'. Entre les points O' et 1, O' et 2, O' et 3, le générateur maintient des différences de potentiels alternatives égales en valeurs efficaces et triphasées.

#### 1° *Conditions normales.*

Dans les conditions normales de fonctionnement, c'est l'impédance des fils de ligne et des récepteurs qui constitue la partie la plus importante des impédances des circuits extérieurs raccordés respectivement au poste de départ aux points O' 1, — O' 2, — O' 3. Si les charges sur les trois phases sont égales (cas d'un réseau équilibré) les courants s'écoulant sur les trois fils au départ de la ligne pourront s'écrire :

$$A_1 \operatorname{Sin} \omega t + A_3 \operatorname{Sin} 3\,\omega t + A_5 \operatorname{Sin} 5\,\omega t +$$

$$A_1 \operatorname{Sin}\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + A_3 \operatorname{Sin} 3\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + A_5 \operatorname{Sin} 5\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) +$$

$$A_1 \operatorname{Sin}\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + A_3 \operatorname{Sin} 3\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + A_5 \operatorname{Sin} 5\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) +$$

Digitized by Google

Le courant résiduel, somme de ces trois courants, se réduira à des harmoniques 3 et multiples impairs de 3.

Connaissant les voltages et les courants au départ ainsi que les constantes de la ligne, on peut calculer en un point quelconque de cette ligne les potentiels entre fils et terre et les courants dans les trois fils; on en déduira le courant résiduel et le voltage résiduel en chaque point de la ligne ; dans un réseau du type considéré équilibré, c'est-à-dire ayant des charges égales sur les trois phases, ce voltage résiduel et ce courant résiduel se réduiront à des harmoniques d'ordre 3 et d'ordres multiples impairs de 3 dont l'importance au point de vue de l'induction sur les circuits téléphoniques est considérable à cause de leur fréquence élevée et à cause du fait que ces courants empruntent la terre comme conducteur de retour.

Si les charges sur les trois phases sont inégales (cas d'un réseau déséquilibré) le courant résiduel qui est le vecteur-somme des courants parcourant les fils de ligne sera d'autant plus important que le déséquilibre des charges est plus grand ; le voltage résiduel au contraire restera faible car les générateurs et les transformateurs ont tendance à maintenir des différences de potentiel constantes entre les différents conducteurs et le sol, quelles que soient les charges des récepteurs.

Par conséquent, dans les conditions normales de fonctionnement d'un réseau triphasé à points neutres à la terre, on peut, en équilibrant les charges, supprimer dans le voltage résiduel et dans le courant résiduel tous les harmoniques sauf le troisième et ses multiples impairs. Ces harmoniques proviennent : 1° des générateurs, qui les engendrent ; 2° des transformateurs, à cause de leur noyau de fer dont la perméabilité magnétique varie suivant une loi compliquée (cycle d'hystérésis) (voir le chapitre V de la présente étude).

On sait que, grâce à des montages en triangles formés des enroulements des transformateurs, les harmoniques d'ordre 3 et multiples impairs de 3 peuvent être considérablement réduits ; on améliorera donc sensiblement un réseau du genre, au point de vue des résiduels, en évitant à la station centrale de raccorder les alternateurs triphasés montés en étoile avec point neutre à la terre, soit directement aux feeders, soit au moyen de transformateurs montés eux-mêmes en étoile avec point neutre à la terre.

### 2° *Conditions anormales*

a) *Cas d'une terre sur l'un des fils de ligne.*

Une terre accidentelle sur une des phases au point A (fig. 8) court-circuite cette phase de telle sorte que le chemin suivi par le courant est O' I A terre O'. Un courant de court-circuit de grande intensité

Digitized by Google

parcourt ce chemin ; ce courant a une valeur considérablement plus grande que celle des courants dans les deux autres phases ; par contre, aucun courant ne parcourt la section A I située entre la terre accidentelle et le transformateur récepteur. Il en résulte sur toute la longueur de la ligne un courant résiduel important ; la valeur de ce courant

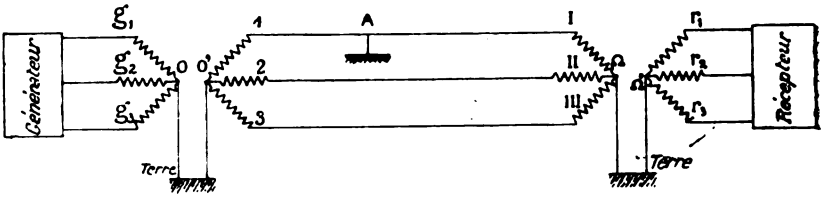



Fig. 8. — Terre accidentelle sur un réseau triphasé à points neutres à la terre (1er cas.)

résiduel est à peu près égale au courant de court-circuit entre la génératrice et la terre accidentelle.

Dans le voisinage de la terre accidentelle il y aura un voltage résiduel important dû au fait que dans le diagramme des potentiels (fig. 4) le point T représentant le potentiel de la terre est voisin du sommet 1 du triangle et en est d'autant plus voisin que la terre accidentelle est plus franche.

Si les enroulements secondaires (basse tension) du transformateur récepteur sont montés en étoile (fig. 8), comme aucune force électromotrice ne peut provenir de l'enroulement primaire Ω I, court-circuité

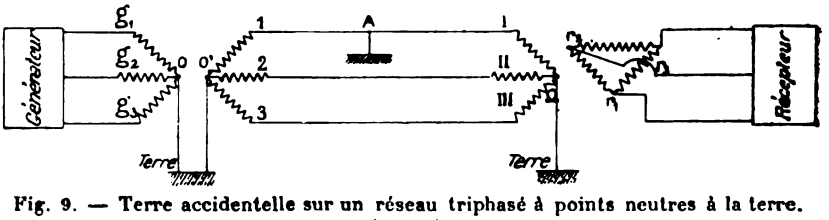



Fig. 9. — Terre accidentelle sur un réseau triphasé à points neutres à la terre. (2e cas).

par la terre accidentelle, les seules forces électro-motrices induites auront pour siège les enroulements Ω $r_2$ et Ω′ $r_3$. Les points Ω′ et $r_4$ seront au même potentiel ; par suite dans le circuit : terre A I Ω′ terre, aucune force contre-électro-motrice ne sera induite en retour et tous les points de la section A I seront au potentiel du sol. Le voltage résiduel existera donc non seulement dans le voisinage de la terre accidentelle mais aussi sur toute la section comprise entre cette terre et le transformateur-récepteur.

Si les enroulements secondaires du transformateur-récepteur sont montés en triangle (fig. 9), les enroulements $r_1$, $r_2$, $r_3$ étant associés res-

Digitized by Google

pectivement aux enroulements Ω I, Ω II, Ω III, les forces électro-motrices induites dans les enroulements $r_1$ et $r_2$ peuvent être représentées par deux vecteurs égaux en grandeur et décalés de 120°, de sorte que l'on aura entre les bornes de l'enroulement $r_1$ une différence de potentiels égale à la somme deces deux vecteurs ; il en résultera une force contre-électro-motrice induite en retour dans l'enroulement primaire Ω I. Par suite un courant circulera dans le circuit : terre A I Ω terre, de sorte que tous les points compris entre les points A et I ne sont pas au même potentiel. Par suite, le voltage résiduel n'existe que dans la région voisine de la terre accidentelle et non sur toute la section comprise entre cette terre et le transformateur-récepteur.

Dans le cas où le point neutre du transformateur-récepteur est isolé

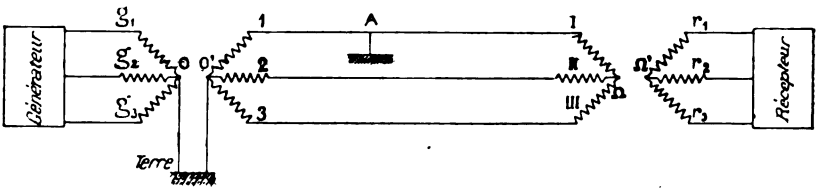



Fig. 10. — Terre accidentelle sur un réseau triphasé dont un seul point neutre est mis à la terre.

du sol (fig. 10), la circulation des courants se fait de la façon suivante :
pour la phase 1, par le chemin : terre O'1 A terre ;
pour la phase 2, par le chemin : terre O'2 II Ω I A terre ;
pour la phase 3, par le chemin : terre O'3 III Ω I A terre.

Par suite sur la section de ligne comprise entre le générateur et la terre accidentelle, il y a un courant résiduel important à peu près égal au courant de court-circuit provenant du fait que le courant dans la phase 1 a une valeur très grande par rapport à celles des courants dans les phases 2 et 3. Sur la section de la ligne comprise entre la terre accidentelle et le transformateur-récepteur au contraire, le courant dans la phase 1 est égal et opposé à la somme des courants dans les phases 2 et 3, de sorte qu'il n'y a pas de courant résiduel ; mais il y a tout de même un voltage résiduel sur cette section car dans les circuits désignés précédemment pour les phases 2 et 3 presque toute la chute de tension se produit avant d'arriver au point I, de sorte que tous les points du conducteur 1 I, situé entre les points A et I sont à peu près au potentiel de la terre. La transmission de l'énergie est impossible dans ces conditions, de sorte que ce dérangement n'échappe pas à la Compagnie de distribution électrique.

Digitized by Google

b) *Cas d'une rupture de fil.*

Dans ce cas il y a tout le long de la ligne un courant résiduel important car les forces électro-motrices induites par le généra[illegible]r entre les points O' 2, et O' 3 respectivement font circuler des cou[illegible] les fils 2 II et 3 III, tandis qu'aucun courant ne circule dar[illegible]

Si les enroulements secondaires (basse tension) du trans[illegible] récepteur sont montés en étoile avec point neutre à la terre (n[illegible]

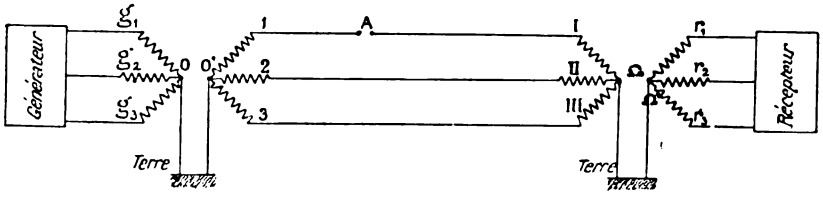



Fig. 11. — Rupture de fil dans un réseau triphasé à points neutres à la terre (1er cas).

les seules forces électro-motrices induites directement auront pour siège les enroulements $\Omega' r_3$ et $\Omega' r_3$ ; aucune force contre-électro-motrice ne sera induite en retour dans l'enroulement primaire Ω I et tous les points du conducteur 1 I situés au delà du dérangement (c'est-à-dire entre la rupture et le transformateur-récepteur) seront au potentiel du sol, tandis que les points correspondants des conducteurs 2 II et 3 III sont à des potentiels variables périodiquement. Il en résultera un voltage résiduel important sur toute la section de ligne située au delà de la rupture ; ce voltage résiduel n'existe pas sur l'autre section de ligne (entre la génératrice et la rupture) car, sur cette section, grâce à la force électro-motrice produite par le générateur dans l'enroulement

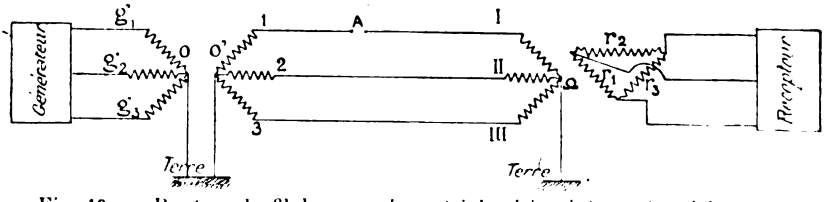



Fig. 12. — Rupture du fil dans un réseau triphasé à points neutres à la terre (2e cas).

O'1 du transformateur de départ, tous les points compris entre le point 1 et le point A sont à des potentiels par rapport au sol alternatifs et décalés de 120° par rapport aux potentiels entre le sol et les points correspondants sur les deux autres fils.

Si les enroulements secondaires du transformateur-récepteur étaient

Digitized by Google

montés en triangle (fig. 12), les enroulements $r_1$, $r_2$, $r_3$ étant respectivement associés aux enroulements primaires Ω I, Ω II, Ω III, on obtiendrait, dans l'enroulement primaire Ω I, une force contre-électro-motrice induite par réaction secondaire sur le primaire qui porterait les points de la section I A du fil rompu à des potentiels variables périodiquement par rapport à celui du sol et précisément décalés de 120° par rapport aux potentiels des points voisins sur les deux autres fils. Il n'y aurait donc, dans ce cas, aucun voltage résiduel tout le long de la ligne ; de plus, la transmission de l'énergie se ferait au delà de la rupture par les deux autres phases. Un tel dérangement passe inaperçu à la Compagnie de distribution électrique alors qu'il cause, par le courant résiduel qu'il provoque, de graves perturbations dans les circuits téléphoniques voisins.

### B) CAS DES RÉSEAUX TRIPHASÉS COMPLÈTEMENT ISOLÉS DU SOL.

On peut, en considérant à part chacune des lignes triphasées allant de la station centrale ou d'une sous-station à un poste récepteur quelconque, être ramené au cas simple de la figure 13. Il est commode de

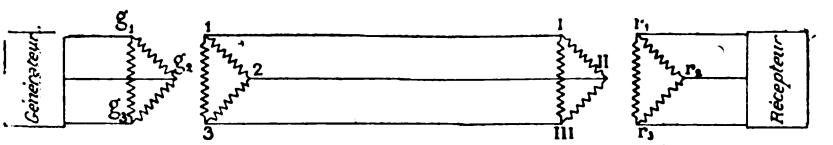



Fig. 13. — Schéma simplifié d'un réseau triphasé complètement isolé du sol.

décomposer la ligne triphasée représentée sur cette figure en trois circuits simples, à savoir :

1 I II 2 1,
2 II III 3 2,
et 3 III I 1 3,

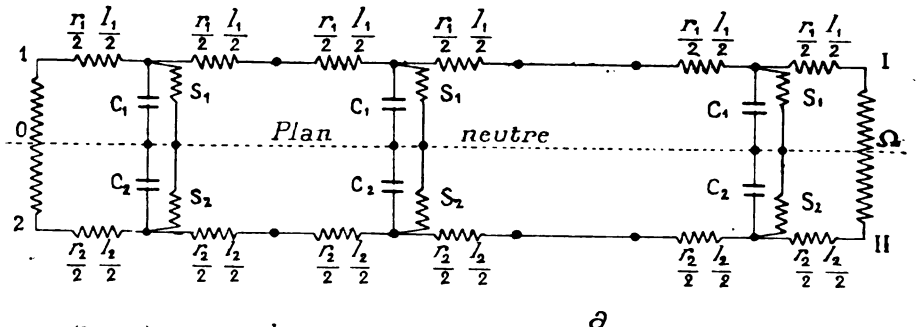
chacun de ces circuits étant parcouru par un courant alternatif monophasé.

A son tour, chacun de ces circuits (par exemple celui qui est représenté fig. 14-*a*) peut être lui-même décomposé en : 1° un circuit 1 I II 2 1 sans capacité et sans perte parcouru par le courant de travail alimentant le récepteur ; 2° un grand nombre de circuits où ne s'écoulent que des courants de charge et de perte et dont le type général est représenté dans la figure 14-*b*. Dans les figures 14-*a* et 14-*b* les condensateurs $c_1$ et $c_2$ représentent respectivement les capacités linéiques du fil 1 I et du fil 2 II par rapport au sol (par exemple les capacités kilométriques). Les résistances $s_1$, $s_2$ représentent les isolements linéiques de



Digitized by Google

ces deux fils ; enfin les quantités $r_1$ et $l_1$, $r_2$ et $l_2$ représentent les résistances ohmiques et les coefficients de self-induction par unité de longueur de chacun de ces deux fils (par exemple par kilomètre). Si les



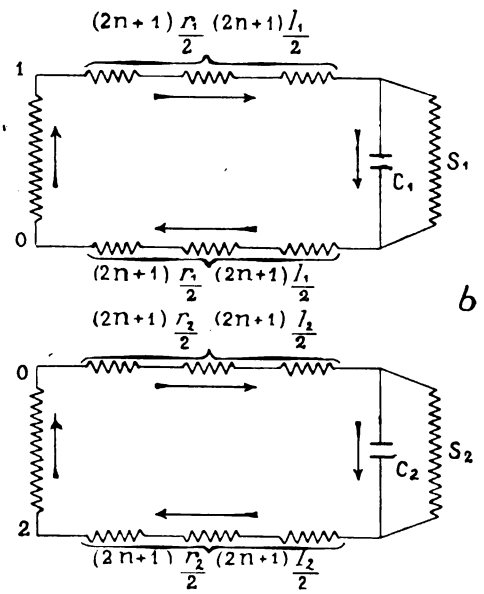




Fig. 14.— Assimilation d'un réseau triphasé complètement isolé du sol à un ensemble de lignes artificielles composées de résistances inductives ($r$,$l$), de résistances pures ($s$), et de capacités ($c$).

deux fils sont de même métal et de même diamètre et sont tous les deux convenablement isolés et au moyen d'isolateurs identiques, on peut admettre que $r_1 = r_2$ et que $s_1 = s_2$ ; mais les coefficients de self-induction linéiques $l_1$, $l_2$, de même que les capacités linéiques $c_1$, $c_2$ n sont pas nécessairement égaux entre eux. Les différences de capacité entre fils de ligne et sol par exemple proviennent soit de différence de position des fils par rapport à la terre (cas d'un armement de la ligne triphasée autre que l'armement sur traverses horizontales à 3 isolateurs) soit de branchements monophasés de longueurs différentes sur les trois fils qui font que les longueurs totales des trois conducteurs pour l'ensemble du réseau triphasé sont différentes.

On peut toujours faire disparaître les différences de capacité dues à la première cause au moyen de transpositions de la ligne triphasée donnant à chacun des trois fils la même distance moyenne par rapport

Digitized by Google

au sol. Par contre il peut être souvent difficile de faire disparaître les inégalités dues à la deuxième cause car cela exigerait des constructions coûteuses de lignes de branchement monophasé ne répondant à aucun besoin commercial et dont la seule utilité serait un équilibrage des capacités.

### 1° *Conditions normales.*

Dans les conditions normales de fonctionnement d'un réseau triphasé complètement isolé du sol, ce sont les capacités et les conductances de pertes entre les trois fils et le sol qui seules déterminent les impédances totales entre chacun de ces fils et le sol. Même dans le cas où des différences de potentiel rigoureusement triphasées et égales en valeurs efficaces sont maintenues par le générateur au départ de la ligne entre les trois fils de ligne et la terre, et où les charges branchées entre deux des fils de ligne sont réparties également sur les trois phases (réseaux à charges équilibrées) il peut exister le long de la ligne des voltages et des courants résiduels. Ces voltages et courants résiduels sont dus aux différences de capacité et d'isolement entre chacun des fils et la terre, lesquelles créent à leur tour des différences dans les valeurs des courants de capacité et de perte s'écoulant entre chacun des fils et la terre (dans les circuits du type représenté sur la figure 14 *b*). Si le réseau triphasé tout entier est convenablement isolé et transposé, ces voltages et courants résiduels sont, en général, extrêmement faibles. Les inégalités de charge sur les 3 phases influent d'ailleurs peu sur la valeur de ces voltages et courants résiduels.

Nous verrons d'autre part en détail dans le chapitre V que, au point de vue des harmoniques, les réseaux triphasés isolés du sol présentent un grand avantage sur les réseaux à points neutres à la terre ; en effet les montagnes en triangle des enroulements des transformateurs de ces réseaux étouffent les harmoniques d'ordre 3 et multiples impairs de 3 ; de sorte que : 1° les transformateurs, malgré les phénomènes de saturation magnétique et d'hystérésis qui ont pour siège leur noyau de fer, ne sauraient introduire de tels harmoniques ; 2° les harmoniques d'ordres 3 et multiples impairs de 3 qui peuvent être engendrés par les générateurs sont arrêtés par les transformateurs intercalés entre ceux-ci et le départ de la ligne et ne passent pas en ligne.

Toutefois, dans le cas où on utilise sur de tels réseaux des transformateurs dissymétriques (montage Scott par exemple), les harmoniques d'ordre 3 et multiples impairs de 3 peuvent apparaître dans les voltages entre fils de ligne et dans les courants parcourant ces fils, mais ces harmoniques n'apparaissent pas comme composantes résiduelles comme dans le cas des réseaux à points neutres à la terre, de sorte qu'ils peuvent, si la ligne est suffisamment bien transposée, ne donner

Digitized by Google

lieu à aucun résiduel (au même titre que les autres composantes du courant). Il en est de même dans le cas où on utilise une génératrice diphasée alimentant la ligne triphasée à travers un transformateur Scott par exemple.

2° *Conditions anormales.*

a) *Cas d'une terre sur un fil.*

Dans le cas d'une terre sur le fil 1 I par exemple (fig. 15), il existe sur toute la longueur de la ligne triphasée un voltage résiduel égal à $\sqrt{3}$ (ou 173 %) le voltage entre deux fils de ligne. Dans le voisinage de la

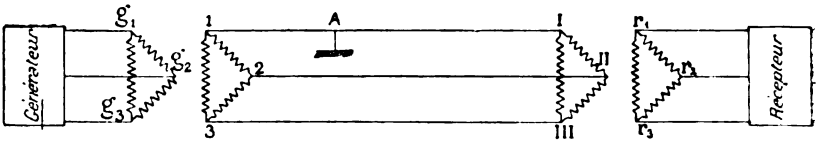



Fig. 15. — Terre accidentelle sur un réseau triphasé complètement isolé du sol.

terre accidentelle les différences de conductance de perte entre chacun des 3 fils et la terre créent des différences d'intensité de courant dans ces 3 fils d'où résulte un courant résiduel dont la grandeur dépend du voltage et de la fréquence du réseau.

Cette terre accidentelle n'empêche pas la distribution d'énergie électrique ; elle cause cependant une perturbation très grave dans les lignes téléphoniques voisines, sans que la Compagnie d'électricité s'en aperçoive.

b) *Cas d'une rupture de fil.*

Dans le cas d'une rupture de fil 1 I au point A par exemple (fig. 16), les courants de travail ne pourraient circuler entre le générateur et

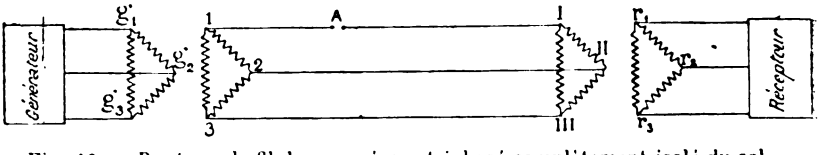



Fig. 16. — Rupture de fil dans un réseau triphasé complètement isolé du sol.

un récepteur situé au delà du point A que dans le circuit 2 II, III 3, c'est-à-dire dans une seule phase de ce récepteur. La transmission de l'énergie est donc impossible au delà du dérangement et on n'a plus en jeu que des courants de capacité et de perte.

Le générateur maintient entre les points 1, 2 et 3 respectivement

Digitized by Google

et le sol des différences de potentiels alternatives et triphasées; le courant s'écoulant au départ de la ligne sur le fil I I est simplement le courant de charge du condensateur formé par la section 1 A seule du fil rompu et la terre. Les courants s'écoulant au départ de la ligne sur les fils 2 II et 3 III sont destinés : 1° à charger directement les condensateurs formés l'un par la totalité du fil 2 II et la terre et l'autre par la totalité du fil 3 III et la terre; 2° à charger par influence électro-statique la section A I du fil rompu (naturellement à un potentiel beaucoup plus bas que ceux des deux autres fils). [On peut se représenter cette section A I comme une antenne dont le point I, jouant le rôle de point neutre artificiel, est la base et dont le point A est le sommet isolé.]

Il en résulte : 1° un courant résiduel sur toute la longueur de la ligne à cause des différences d'intensité des courants qui s'écoulent par les trois fils; 2° un voltage résiduel en chaque point de la ligne, car ces différences de courant créent des différences de chutes de tension le long des trois fils et par suite des différences entre les valeurs en chaque point de la ligne des voltages de chacun des fils par rapport au sol. Ce voltage résiduel est surtout important au delà de la rupture A, car sur toute la section A I du fil rompu il n'y a plus l'action de la force électro-motrice du générateur pour remonter le potentiel par rapport au sol, et seule demeure l'action électro-statique des deux autres fils de la ligne.

### Conditions transitoires.

En dehors des perturbations téléphoniques graves et de longue durée dues à des conditions d'exploitation anormales du réseau d'énergie (qu'il s'agisse d'un réseau triphasé à points neutres à la terre ou d'un réseau triphasé entièrement isolé du sol), il peut se produire des troubles téléphoniques transitoires également très gênants qui proviennent de déséquilibres de courte durée ou d'oscillations passagères de haute fréquence causées par certaines opérations normales effectuées sur le réseau d'énergie.

Parmi les opérations les plus redoutables à ce point de vue, on peut citer la manœuvre des commutateurs (fermeture et ouverture des interrupteurs, déclenchement des disjoncteurs, etc.) et la charge des parafoudres électrolytiques.

1° *Manœuvre des commutateurs.* — Les troubles qui proviennent de la première cause sont dus soit au fait que les trois fils de la ligne d'énergie ne sont pas coupés simultanément ou ne sont pas raccordés simultanément au générateur ; soit au fait que l'arc s'amorçant entre

Digitized by Google

les électrodes de l'interrupteur à la fermeture ou à l'ouverture, engendre des oscillations de haute fréquence.

Dans le premier cas, on se trouve en présence d'un dérangement passager, mais tout à fait caractérisé de la ligne : rupture d'un fil alors que les deux autres sont métalliquement continus. Dans le second cas, subitement et pour une période égale à la durée de l'arc entre les électrodes de l'interrupteur, des harmoniques de haute fréquence et par conséquent très gênants au point de vue de l'induction apparaissent et se superposent au courant normal.

Il est possible de rendre simultanée la fermeture ou l'ouverture des contacts des différents pôles de l'interrupteur placé sur une ligne triphasée : il suffit de rendre ces pôles mécaniquement solidaires. D'autre part, il est établi que, lorsque l'interrupteur ou le disjoncteur baigne dans l'huile, la production d'oscillations de haute fréquence dues à la formation d'un arc est à peu près rendue impossible.

Par conséquent, l'emploi d'interrupteurs à rupture dans l'huile dont les pôles sont mécaniquement solidaires, met à l'abri des troubles transitoires dus à la manœuvre des commutateurs.

2° *Charge des parafoudres électrolytiques.* — Lorsque la charge et la formation des parafoudres électrolytiques ne se fait pas à travers un circuit fermé entièrement métallique (notamment lorsqu'elle se fait à travers les cornes des parafoudres à cornes qui protègent habituellement les parafoudres électrolytiques), les arcs qui s'établissent entre ces cornes font apparaître des oscillations de haute fréquence dans le réseau triphasé et par suite provoquent des perturbations graves dans les lignes téléphoniques voisines.

On peut supprimer, ou en tout cas restreindre considérablement ces perturbations en utilisant pour la charge des parafoudres électrolytiques des résistances de charge placées de telle façon que le circuit de charge soit un circuit fermé et entièrement métallique. Cette méthode de charge des parafoudres électrolytiques a été recommandée par la General Electric Cy après une étude sérieuse de la question (General Electric Review, janvier 1913).

## RÉSUMÉ

*Conditions normales.* — En résumé, dans un réseau triphasé avec points neutres à la terre, fonctionnant dans les conditions normales (c'est-à-dire réseau convenablement transposé avec charges équilibrées sur les trois phases), les voltages et courants résiduels peuvent être

Digitized by Google

réduits à l'harmonique 3 de la fréquence fondamentale et à ses multiples impairs. L'importance de ces harmoniques dépend dans une large mesure du genre de montage adopté pour les enroulements secondaires des transformateurs-récepteurs, le montage en triangle étant à ce point de vue bien préférable au montage en étoile.

Dans un réseau triphasé complètement isolé du sol fonctionnant également dans les conditions normales (réseau transposé et charges équilibrées), les voltages et courants résiduels peuvent être réduits à ceux qui résultent des différences de conductance de perte entre les fils de ligne et le sol, lesquelles sont en général très faibles dans un réseau bien entretenu.

L'effet causé par un déséquilibre des charges branchées entre deux fils de ligne sur les résiduels est petit, qu'il s'agisse d'un réseau triphasé isolé du sol ou d'un réseau triphasé avec points neutres à la terre. Un déséquilibre des charges branchées entre les fils de ligne et la terre (cas d'un réseau triphasé en triangle avec points neutres à la terre) est au contraire la cause d'un important courant résiduel proportionnel à l'importance de ce déséquilibre ; le courant résiduel dû à cette cause comprend le fondamental et tous les harmoniques des courants de ligne qui s'ajoutent à l'harmonique 3 et à ses multiples impairs que le fer des transformateurs et parfois aussi les générateurs peuvent introduire.

*Conditions anormales.* — Dans des conditions de fonctionnement anormales, les deux types de réseaux donnent naissance à des résiduels capables de causer de graves perturbations dans les circuits téléphoniques voisins. Le dérangement le plus fréquent d'un réseau d'énergie, dérangement toujours susceptible de produire des troubles importants, est une terre accidentelle sur l'un des fils.

Dans le cas d'un réseau triphasé à points neutres à la terre, une terre accidentelle sur une phase donne naissance à un champ électromagnétique perturbateur très étendu et de grande intensité dû à un important courant résiduel ; il en résulte une induction électromagnétique grave dans les circuits téléphoniques voisins. En outre, dans le voisinage de la terre accidentelle, il existe un voltage résiduel qui, par induction électrostatique, peut influencer d'une façon sensible ces circuits téléphoniques, si la ligne triphasée est à haute tension (dans le cas des distributions à tension relativement basse, ce dernier effet est négligeable).

Dans le cas d'un réseau triphasé complètement isolé du sol, une terre accidentelle sur une phase donne naissance à un champ électrostatique perturbateur très étendu et de grande intensité dû à un impor-

Digitized by Google

tant voltage résiduel ; il en résulte une induction électrostatique grave dans les circuits téléphoniques voisins. En outre, dans le voisinage de la terre accidentelle il existe un courant résiduel qui, par induction électromagnétique, peut également troubler ces circuits. Ces perturbations électromagnétiques locales sont peu importantes si le réseau triphasé est peu étendu et à tension relativement basse ; mais pour de longs réseaux isolés du sol et à très haute tension, ces perturbations électromagnétiques locales qui s'ajoutent aux troubles électrostatiques peuvent devenir importantes.

*Conditions transitoires.* — Des perturbations graves, mais de courte durée, peuvent se produire sur les circuits téléphoniques à cause de conditions transitoires d'un réseau d'énergie voisin, notamment au moment de la fermeture ou de l'ouverture des interrupteurs (ou disjoncteurs) ou au moment de la charge des paratonnerres électrolytiques. Il peut se produire ainsi des voltages ou courants résiduels sur la ligne triphasée ou bien des oscillations de haute fréquence particulièrement gênantes qui se superposent aux courants et voltages normaux.

Les perturbations souvent violentes qui en résultent dans les circuits téléphoniques voisins peuvent, en fondant un fusible ou en mettant une terre sur un fil téléphonique à cause du mauvais fonctionnement d'un paratonnerre, avoir des conséquences qui persistent longtemps après que la cause qui leur a donné naissance a disparu.

## CHAPITRE III

## Mesure et limitation des courants et voltages résiduels.

Nous avons vu l'importance qu'il y a, au point de vue des troubles d'induction dans les circuits téléphoniques voisins, à équilibrer un réseau triphasé d'énergie électrique, c'est-à-dire à limiter autant que possible les courants et voltages résiduels en tous les points de ce réseau.

Pour se rendre compte de l'équilibre réalisé sur un réseau déterminé, le meilleur moyen est de mesurer le voltage résiduel et le courant résiduel en différents points de la ligne triphasée, notamment sur la section de parallélisme avec les lignes téléphoniques influencées.

Pour mesurer le courant résiduel qui, par définition, est le vecteur-somme des courants dans les trois fils de la ligne, il suffit d'intercaler dans ces trois fils les primaires de transformateur d'intensité et de

Digitized by Google

monter les secondaires de ces transformateurs en parallèle sur un ampèremètre qui indique alors la valeur du courant résiduel.

Pour mesurer le voltage résiduel, qui, par définition, est le vecteur-somme des voltages entre chacun des fils de ligne et la terre, il suffit de brancher entre chacun de ces fils et la terre les primaires de transformateurs de potentiels dont les secondaires sont branchés en série et raccordés à un voltmètre. En faisant ce montage en série, il faut respecter les polarités de chacun des enroulements. Le voltage ainsi mesuré comprend, en outre du voltage résiduel cherché, une composante due à l'harmonique d'ordre 3 introduit par le fer des transformateurs eux-mêmes, à cause des variations de perméabilité magnétique de ce fer. Si l'on a affaire à de bons transformateurs de potentiel absorbant un très faible courant magnétisant, cette composante ne dépasse pas 0,5 % du voltage total mesuré aux bornes des secondaires en série, surtout si l'on utilise les transformateurs de potentiel à des tensions bien inférieures à leurs voltages normaux, afin que le fer de ces transformateurs travaille toujours au-dessous de la saturation magnétique.

*Limitation des résiduels.* — 1° *Conditions normales.*

Dans les conditions de fonctionnement normal, les principales causes de courants et de voltages résiduels sont :

1° Charges non équilibrées sur les trois phases; 2° introduction du 3e harmonique et de ses multiples impairs dans un réseau en étoile avec points neutres à la terre, par le fait de certains appareils et de certains montages; 3° différence de capacité et de conductance de perte entre les différents fils et la terre, surtout dans le cas des réseaux complètement isolés du sol.

Le meilleur moyen de diminuer le courant résiduel consiste à utiliser les réseaux triphasés sans terre ; dans ce cas, le courant résiduel se réduit à des courants différentiels de capacité et de perte et ces courants sont très petits si la ligne d'énergie triphasée est transposée et isolée avec soin.

Quel que soit le type de réseau, des connections entre une seule phase et la terre ne devraient jamais être réalisées. Lorsque l'on doit alimenter des récepteurs monophasés ou des récepteurs triphasés non équilibrés au moyen d'une distribution triphasée, cette alimentation devrait se faire par l'intermédiaire de transformateurs dont les enroulements sont montés en triangle ou en étoile sans liaison avec le sol.

Une règle américaine (*Joint Committee*, règle G, 1) prescrit de n'employer sur un réseau triphasé comportant un parallélisme avec des

Digitized by Google

circuits téléphoniques ni des transformateurs monophasés dont un des pôles est raccordé à la terre et l'autre à une phase, ni des transformateurs triphasés montés en étoile ouverte dont une des branches est isolée et dont le point neutre est à la terre ; cette règle ne s'applique pas aux lignes de traction qui font l'objet de prescriptions spéciales mais simplement aux lignes de distribution électrique de force et de lumière.

De même, il est recommandé d'éviter l'emploi de transformateurs ou d'auto-transformateurs montés en étoile avec point neutre à la terre à moins que leurs enroulements secondaires ne soient montés en triangle ou à moins qu'ils ne comportent des enroulements tertiaires montés en triangle ou bien tout autre dispositif capable d'étouffer le 3e harmonique et ses multiples impairs introduits par le fer des transformateurs dans les voltages et courants résiduels.

Lorsque des récepteurs monophasés sont raccordés à un réseau triphasé comportant un parallélisme avec des fils téléphoniques, la Cie de distribution électrique doit s'efforcer de répartir les connections de ce genre sur le réseau de manière à équilibrer les charges des différentes phases (*Joint Committee*, règle G, 3).

Les branchements effectués sur une distribution triphasée voisinant avec des circuits téléphoniques doivent être de préférence des branchements en triangle fermé plutôt que des embranchements en triangle ouvert, et, lorsque ce dernier montage est utilisé, la Cie doit s'efforcer de répartir de telles charges également sur les différentes phases (*Joint Committee*, règle G, 4).

Si, dans un réseau triphasé ayant plus d'un point neutre à la terre, il est impossible, par la simple répartition des charges, de déduire suffisamment les résiduels, il faut que la Cie de distribution électrique adopte un fonctionnement avec un seul point neutre à la terre dans tout son réseau, ou, en tous cas, modifie ses transformateurs de telle façon que chacun d'eux possède au moins un enroulement monté en triangle.

Pour limiter le voltage résiduel, un moyen certain consisterait à mettre à la terre les points neutres des transformateurs supposés également chargés sur les trois phases ; mais nous avons vu que cela procurerait aux courants résiduels éventuels un chemin trop facile. Il vaut mieux renoncer complètement à utiliser ce procédé et maintenir le réseau tout à fait isolé du sol. Dans ces conditions, le seul moyen de réduire le voltage résiduel consiste à équilibrer aussi parfaitement que possible les conductances de perte et les capacités entre chacun des fils de ligne et la terre.

Afin que les conductances de perte soient égales pour les trois

Digitized by Google

phases, il convient de veiller soigneusement à l'isolement du réseau ; des défauts d'isolement (notamment dans les branchements de basse tension dont la longueur est courte mais dont le nombre est grand) sont une cause fréquente de voltages résiduels importants. Pour égaliser les capacités, il faut transposer avec soin les lignes triphasées, non seulement dans les sections de parallélisme, mais encore sur toute l'étendue du réseau. Les transpositions effectuées dans les parties qui ne sont pas immédiatement voisines des circuits téléphoniques, c'est-à-dire en dehors des sections de parallélisme, devraient être faites d'une façon régulière à des intervalles de 2 ou 3 milles ; il est prescrit de les faire en tous cas à des intervalles de moins de 8 milles (*Joint Committee*, règle II, 6).

Dans le cas où il existe le long de la ligne triphasée des branchements monophasés, il faut, pour équilibrer les capacités entre fils et terre, s'arranger de telle sorte que les branchements de cette nature effectués respectivement sur les trois phases aient même longueur totale ; ou encore, dans chaque branchement, il faut poser trois fils au lieu du seul fil réellement nécessaire ; ou enfin il faut intercaler au point de jonction entre la ligne principale et la ligne de branchement un transformateur.

### 2° *Conditions anormales.*

Aussitôt que des conditions anormales se présentent (terre accidentelle sur un conducteur ou rupture d'un des fils) il se produit, même sur les réseaux qui dans les conditions normales d'exploitation sont parfaitement équilibrés, un déséquilibre important qui crée les plus graves perturbations dans les lignes téléphoniques voisines. Chaque fois qu'un dérangement se produit sur une ligne d'énergie à haute tension, on peut être à peu près sûr que des dérangements se produiront au même moment sur les circuits téléphoniques parallèles à la ligne d'énergie et situés à petite distance de cette ligne.

L'importance de ces perturbations peut être réduite :

*a*) En rendant de moins en moins probables les dérangements sur la ligne d'énergie : ceci implique une construction solide du réseau de distribution électrique et l'emploi sur ce réseau d'appareils d'un fonctionnement aussi régulier et aussi sûr que possible. Ces conditions sont d'ailleurs toujours aussi avantageuses pour la Cie d'électricité que pour la Cie des téléphones.

*b*) En prenant des mesures pour que la source d'énergie de la station centrale soit déconnectée aussitôt qu'un déséquilibre se produit sur le réseau : ceci implique l'emploi de dispositifs de disjonction

Digitized by Google

automatique, en cas d'une terre sur un fil ou en cas de rupture d'un fil, dans toutes les sous-stations où il n'y a pas d'employé exerçant une surveillance continue ; dans les sous-stations où il y a à toute heure un employé de service, ceci implique l'utilisation d'appareils indicateurs de dérangement sur le réseau et la nécessité, pour l'employé qui surveille ces appareils, d'intervenir immédiatement en cas de conditions anormales et d'effectuer sans tarder les sectionnements nécessaires. Afin que ces sectionnements n'interrompent pas la distribution de l'énergie dans les localités où le service électrique doit être assuré d'une façon continue, il convient que la C^ie^ d'électricité prévoie des voies de secours pour une alimentation détournée de ces localités, chaque fois que la ligne qui les dessert normalement est en dérangement.

Il y a certaines conditions anormales qui n'empêchent pas la distribution électrique de se faire ; par exemple, il est possible d'exploiter un réseau triphasé monté en étoiles avec points neutres à la terre alors qu'une des phases est rompue et il est également possible d'exploiter un réseau normalement isolé du sol avec une terre accidentelle en un point d'un fil. Dans le premier cas, il en résulte un courant résiduel important ; et dans le second cas, il en résulte un grand voltage résiduel : dans les deux cas, il s'ensuit une impossibilité de téléphoner sur les circuits voisins. Une règle américaine interdit aux C^ies^ d'électricité de continuer à exploiter leur réseau dans ces conditions anormales, qui d'ailleurs ne sont pas avantageuses au point de vue de la marche des machines du réseau d'énergie (*Joint Committee*, règle II, *k*).

Une règle américaine (*Joint Committee*, règle II, 1) prescrit l'emploi sur les réseaux triphasés isolés du sol de dispositifs indicateurs de terre accidentelle ainsi que l'emploi sur les réseaux à points neutres à la terre de disjoncteur automatique fonctionnant d'eux-mêmes en cas de courant d'intensité anormale sur le fil neutre ou dans les liaisons métalliques entre les points neutres et le sol. Dans les réseaux de ce genre il est d'ailleurs de règle, en Amérique, d'installer des ampèremètres à tous les points neutres entre ces points neutres et le sol ; ces ampèremètres donnent de très utiles indications sur l'équilibre électrique du réseau triphasé à chaque instant.

Dans le cas où un disjoncteur s'ouvre automatiquement par le fait de conditions anormales, ou dans le cas où un employé, prévenu par les indications de ses appareils de mesures, ouvre, à cause des conditions anormales, un interrupteur ; il est permis de réenclencher une première fois ce disjoncteur ou de refermer une première fois cet interrupteur, car le dérangement constaté peut être tout à fait passa-

Digitized by Google

ger. Si on constate, après cette fermeture, que les conditions anormales subsistent ; ou bien, dans le cas d'appareils automatiques, si le disjoncteur déclenche une seconde fois, il convient de ne pas le réenclencher à nouveau avant d'avoir localisé le dérangement et isolé la section de ligne défectueuse ou l'appareil défectueux.

La méthode que l'on emploie généralement pour cette localisation consiste à effectuer des coupures successives sur la ligne jusqu'à ce que les appareils fonctionnent normalement, ce qui a lieu lorsqu'on a rompu la liaison entre la section mauvaise et le reste du réseau. Cette méthode a le grave inconvénient de causer des interruptions très nombreuses et successives dans le fonctionnement des lignes téléphoniques voisines et parfois même des accidents de personnes ; le temps perdu sur les circuits téléphoniques est bien plus long que la durée de la perturbation à cause de la nécessité de remplacer tous les organes de protection du réseau téléphonique, endommagés au cours de ces opérations, organes qui sont répartis aux extrémités des circuits téléphoniques et souvent difficiles à atteindre.

Il n'existe pas de méthode de localisation des dérangements sur les lignes d'énergie qui soit d'application générale et pratique et qui n'ait aucun retentissement sur la marche du service téléphonique. On diminue cependant les perturbations inductives sur les circuits téléphoniques voisins en déconnectant la ligne affectée du dérangement qu'on se propose de localiser du reste du réseau et en alimentant cette ligne au moyen d'un générateur unique excité d'une façon juste suffisante pour vaincre la résistance du défaut et donner un courant d'intensité mesurable. La règle II-*m* du Joint Committee recommande que cette méthode de localisation soit suivie chaque fois qu'il est possible ; en tout cas le Joint Committee prescrit d'ordonner les opérations de localisation de telle sorte que, lorsque le dérangement se trouve en dehors de la section de parallélisme avec les circuits téléphoniques, la section mauvaise ne soit alimentée qu'une seule fois au cours de cette localisation.

### 3° *Conditions transitoires.*

Afin de réduire autant que possible les perturbations dues aux conditions transitoires du réseau d'énergie, la règle II-*i*, du Joint Committee prescrit que toutes les manœuvres de commutateurs effectuées sur un réseau d'énergie comportant un parallélisme avec une ligne téléphonique, soient faites au moyen d'interrupteurs à huile dont les pôles sont raccordés mécaniquement. L'utilisation d'interrupteurs à air est interdite, sauf comme sectionneurs destinés à isoler des sec-

Digitized by Google

tions de lignes inutilisées ou des transformateurs à vide. Cette règle (Joint Committee, règle II-*j*) s'applique à tout le réseau d'énergie et non seulement à la portion de ce réseau qui est voisine du réseau téléphonique, à moins que ces interrupteurs soient situés à une distance des lignes téléphoniques tellement grande que leur fonctionnement n'est pas susceptible de causer de troubles dans les circuits.

D'autre part, le Joint Committee recommande d'effectuer la charge des parafoudres électrolytiques pendant les heures de nuit, lorsque les circuits téléphoniques sont peu utilisés. La méthode de charge employée doit causer le moins de perturbations possible sur ces circuits (Joint Committee, règle II-*o*).

## CHAPITRE IV

## Coordination des transpositions d'une ligne triphasée et des rotations des circuits d'une ligne téléphonique dans les sections de parallélisme entre ces deux lignes.

*Principes généraux.* — Afin d'éviter les bruits d'induction dans un circuit téléphonique parallèle à une ligne d'énergie triphasée, il est nécessaire de réduire autant que possible, à la fois, le voltage induit entre les deux fils du circuit téléphonique et le voltage induit entre ces fils et la terre, aussi bien par les composantes équilibrées que par les composantes résiduelles des courants et des voltages de la ligne d'énergie. Pour réduire ces forces électro-motrices induites, il faut diminuer, autant que possible, l'accouplement électrique entre la ligne d'énergie et la ligne téléphonique.

Si l'on considère une transmission téléphonique au point de vue de l'énergie mise en jeu, on constate que, tandis que le transmetteur fournit au circuit téléphonique une énergie de l'ordre du centième de watt, c'est seulement une énergie de l'ordre du dixième de milliwatt au plus (c'est-à-dire le centième de l'énergie fournie à la ligne) qui parvient au poste récepteur. Une énergie aussi petite est néanmoins suffisante pour faire fonctionner ce remarquable moteur électrique qu'on appelle le récepteur téléphonique. Cette circonstance est heureuse car, comme les courants téléphoniques sont de fréquences relativement grandes, les pertes d'énergie éprouvées pendant leur transmission sur un long circuit sont obligatoirement très importantes.

Le grand rapport existant entre les énergies fournie au poste trans-

Digitized by Google

metteur et recueillie au poste récepteur dans une communication téléphonique impose des limites très petites à l'induction tolérable non seulement entre les circuits téléphoniques d'une même ligne pris deux à deux mais aussi entre ces circuits et les fils d'énergie voisins. Si une quantité d'énergie de l'ordre du millionième seulement de l'énergie téléphonique transmise, qui nous l'avons vu se chiffre au plus par quelques centièmes de watt, est induite sur un circuit, la conversation devient extrêmement difficile. L'accouplement électrique des circuits téléphoniques entre eux ou avec les fils d'énergie voisins doit donc être aussi lâche que possible.

Le meilleur moyen d'atteindre ce résultat est : 1° de choisir chaque fois que l'on peut des chemins très différents pour les lignes d'énergie et pour les lignes téléphoniques, ce qui fait disparaître une des deux difficultés du problème; 2° d'anti-inducter convenablement les différents circuits de la ligne téléphonique les uns par rapport aux autres, afin de limiter le mélange apparent de circuit à circuit à une valeur insignifiante. Mais ce procédé n'est pas toujours applicable : et, quoi qu'on fasse, à mesure que les réseaux de distribution électrique et le réseau téléphonique se développent dans une même région, il devient de moins en moins possible d'éviter des sections de parallélisme plus ou moins longues sur lesquelles la distance entre une ligne d'énergie et une ligne téléphonique doit obligatoirement rester comprise entre des limites étroites. Dans ce cas, pour réduire les voltages induits sur les circuits téléphoniques il ne reste qu'un moyen : effectuer des transpositions sur la ligne d'énergie et des rotations sur les circuits téléphoniques en nombre suffisant et convenablement coordonnées entre elles.

## Effet des transpositions de la ligne triphasée.

Considérons un circuit téléphonique quelconque présentant ou ne présentant pas de rotations et une ligne triphasée parallèle à ce circuit. Chacun des fils de la ligne triphasée agit sur le circuit téléphonique électro-magnétiquement (par les composantes équilibrée et résiduelle du courant qui parcourt le fil considéré) et électrostatiquement (par les composantes équilibrée et résiduelle du voltage entre ce fil et le sol). Plus le fil d'énergie considéré est voisin du circuit téléphonique, toutes choses égales d'ailleurs, et plus cette action est importante. Par suite, des trois fils de la ligne triphasée c'est celui qui se trouve le plus près du circuit téléphonique qui exerce sur ce circuit l'action prépondérante (au moins en ce qui concerne les composante équilibrées).

Digitized by Google

Nous avons vu qu'on peut assimiler la ligne triphasée électriquement déséquilibrée à une ligne triphasée géométriquement identiquement mais électriquement équilibrée et à une ligne monophasée dont un conducteur est formé par les trois fils de la ligne triphasée pris en parallèle et l'autre formé par la terre. C'est cette ligne monophasée fictive que l'on doit considérer comme étant le siège des voltage et courant résiduels tandis que la ligne triphasée fictive ne possède plus que les composantes équilibrées des courants et des voltages.

Les transpositions de la ligne triphasée étant sans effet sur la structure géométrique de cette ligne monophasée fictive, il est évident qu'elles sont sans effet sur la phase des forces électro-motrices induites sur le circuit téléphonique par les composantes résiduelles des voltages et courants de la ligne d'énergie. Elles peuvent avoir une légère action sur la grandeur de ces forces électro-motrices car les transpositions modifient la valeur du courant et du voltage résiduels de la ligne triphasée, surtout dans le cas des réseaux triphasés complètement isolés du sol.

Par contre, les transpositions de la ligne triphasée changent de 120° la phase des forces électro-motrices induites sur un circuit téléphonique par les composantes équilibrées des voltages et des courants, car la phase de ces forces électro-motrices est toujours la phase de celles qui sont dues à celui des trois fils qui est le plus voisin du circuit téléphonique et dont l'action est prépondérante.

## Effet des rotations des circuits téléphoniques

L'anti-induction des circuits téléphoniques est réalisée aux États

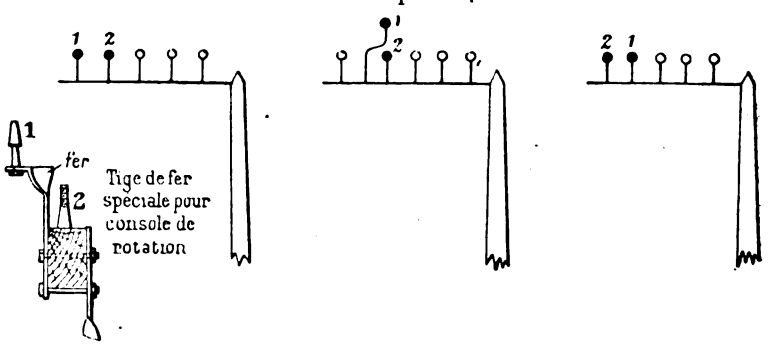



Fig. 17. — Dispositif américain d'anti-induction.

Unis au moyen de rotations de 180° effectuées sur une longueur de deux portées, comme pour les circuits français sur consoles en S,

Digitized by Google

courtes et longues, de sorte que les deux fils d'un circuit quelconque ont sur les trois poteaux consécutifs les positions représentées sur la figure 17. C'est le poteau intermédiaire qui constitue le poteau de croisement.

La phase du voltage induit entre les deux fils d'un circuit téléphonique et la terre n'est évidemment pas affectée par une rotation de 180° de ces deux fils. Par contre une telle rotation change de 180° la phase du voltage induit entre les deux fils téléphoniques; ou, en d'autres termes, le voltage induit entre les deux fils d'un circuit téléphonique par une ligne d'énergie triphasée ou monophasée non transposée à des phases opposées de part et d'autre du poteau de croisement du circuit téléphonique.

Tous ces résultats peuvent être résumés dans le tableau suivant.

*Parallélisme d'un circuit téléphonique et d'une ligne triphasée.*

| Composantes des voltages ou des courants dans la ligne d'énergie auxquelles est due l'induction sur le circuit téléphonique. | Nature de l'induction considérée sur le circuit téléphonique. Voltage induit : | Effet d'une transposition dans la ligne triphasée. | Effet d'une rotation de 180° dans le circuit téléphonique. |
|---|---|---|---|
| | | La phase du voltage induit change de : | |
| équilibrées | entre fils et terre ou longitudinal. | 120° | 0° |
| équilibrées | entre les deux fils ou transversal. | 120° | 180° |
| résiduelles | entre fils et terre ou longitudinal. | 0° | 0° |
| résiduelles | entre les deux fils ou transversal. | 0° | 180° |

## Coordination des transpositions de la ligne triphasée et des rotations des circuits téléphoniques.

Le changement de phase de l'induction sur un circuit téléphonique par le fait de transpositions de la ligne triphasée ou de rotations de ce circuit téléphonique procure un moyen de réduire les effets d'induction en neutralisant le voltage induit dans une des parties du circuit télé-



Digitized by Google

phonique par un autre voltage de phase différente induit dans d'autres parties. Lorsqu'une neutralisation de ce genre a été réalisée, on dit, en Amérique, que le circuit téléphonique et la ligne triphasée trop considérés sont transposés l'un par rapport à l'autre.

En général, les transpositions de la ligne triphasée consistent en une série de perturbations entre les positions des trois fils dans l'armement des poteaux successifs. Si on numérote les trois fils, un, deux et trois, l'armement avant la première transposition est par exemple celui du schéma *a* (fig. 18) ; entre la première et la deuxième trans-

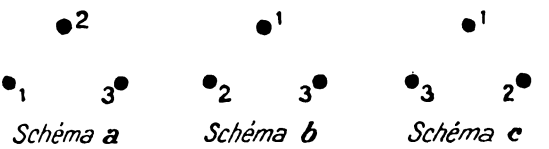



Fig. 18. — Transposition d'une ligne triphasée.

position, il est conforme au schéma *b* ; entre la deuxième et la troisième transposition, il est conforme au schéma *c* ; enfin entre la troisième et la quatrième transposition, on revient au schéma *a*, et les choses recommencent dans le même ordre ; tout se passe comme si, à mesure que l'on progresse le long de la ligne triphasée, le triangle 1, 2, 3 représentant la section transversale de cette ligne tournait dans un certain sens (sens des aiguilles d'une montre dans le cas de la fig. 18).

Si deux transpositions effectuées en tournant dans le même sens sont, dans une même section d'une ligne d'énergie triphasée, placées de telle sorte qu'elles divisent cette section en trois parties égales, nous dirons que cette section constitue une période de transposition.

## Conditions de coordination.

A. — Cas d'une ligne triphasée et d'un seul circuit téléphonique.

Considérons une section de parallélisme entre une ligne triphasée et un circuit téléphonique comprenant deux périodes de transposition de la ligne triphasée et un nombre quelconque de rotations (6 par exemple) du circuit téléphonique (fig. 19). Cherchons quelles conditions doivent satisfaire ces transpositions et ces rotations pour que l'induction entre la ligne d'énergie et le circuit téléphonique soit neutralisé ; c'est-à-dire, cherchons quelles conditions numériques doivent satisfaire les distances $a$, $a'$, $b$, $b'$, $c$, $c'$ indiquées sur la figure 19. Ce seront les conditions de coordination entre les transpositions de la ligne triphasée et les rotations du circuit téléphonique.

Digitized by Google

Dans chacun de ces intervalles la grandeur de l'induction, c'est-à-dire la valeur efficace du voltage induit entre les deux fils du circuit ou voltage induit transversal et la valeur efficace du voltage induit

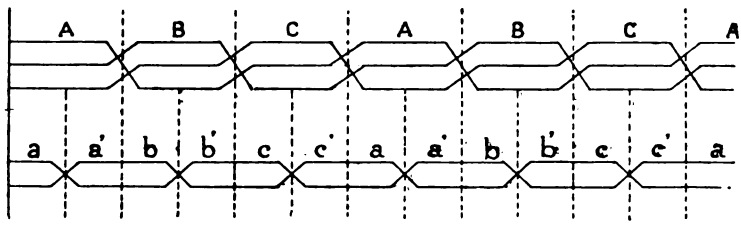



Fig. 19. — Coordination des transpositions d'une ligne triphasée et des rotations d'un circuit téléphonique.

entre les deux fils et la terre ou voltage induit longitudinal, est proportionnelle à la longueur de l'intervalle considéré. La phase de cette induction varie d'un intervalle au suivant conformément aux indications du tableau précédent. Nous indiquerons cette phase par un angle inscrit à côté de la valeur efficace, supposée pour simplifier non plus proportionnelle, mais exactement égale à la longueur de l'intervalle considéré.

Le voltage induit entre les fils téléphoniques et la terre par les composantes équilibrées des voltages et courants triphasés sera, par exemple dans l'intervalle $a$ : $a\,|\underline{0^\circ}$; en passant de l'intervalle $a$ à l'intervalle $a'$, la phase ne change pas, car la rotation téléphonique est sans effet, d'où un voltage induit à $|\underline{0^\circ}$; dans l'intervalle suivant, la phase change de 120° à cause de la transposition de la ligne d'énergie d'où un voltage induit $b\,|\underline{120^\circ}$. Dans les intervalles suivants on aura de même successivement les voltages induits $b\,|\underline{120^\circ}$, $c\,|\underline{240^\circ}$, $c'\,|\underline{240^\circ}$. Si l'on veut que le voltage longitudinal induit soit exactement neutralisé dans chaque période de transposition de la ligne triphasée on doit avoir l'égalité vectorielle :

$$a\,|\underline{0^\circ} + a'\,|\underline{0^\circ} + b'\,|\underline{120^\circ} + b\,|\underline{120^\circ} + c\,|\underline{240^\circ} + c'\,|\underline{240^\circ} = 0$$

ou encore :

$$(a + a')\,|\underline{0^\circ} + (b' + b)\,|\underline{120^\circ} + (c + c')\,|\underline{240^\circ} = 0$$

ce qui exige que l'on ait entre les longueurs $a$, $a'$, $b$, $b'$, $c$, $c'$ les relations numériques :

$$a + a' = b + b' = c + c'.$$

De même si l'on veut neutraliser dans chaque période de transposition le voltage induit entre fils téléphoniques (voltage transversal) par

Digitized by Google

les composantes équilibrées des courants et voltages de la ligne triphasée, on doit avoir l'égalité vectorielle :

$$0 = a\,|\underline{0^\circ} + a'\,|\underline{180^\circ} + b'\,|\underline{120^\circ + 180^\circ} + b\,|\underline{120^\circ} + c\,|\underline{240^\circ} + c'\,|\underline{240^\circ + 180^\circ}$$

ou :

$$0 = (a - a')\,|\underline{0^\circ} + (b - b')\,|\underline{120^\circ} + (c - c')\,|\underline{240^\circ}.$$

D'où les relations numériques :

$$a - a' = b - b' = c - c'.$$

Enfin si l'on veut neutraliser, dans chaque période de transposition, le voltage induit entre les deux fils téléphoniques (voltage transversal) par les composantes résiduelles des courants et voltages de la ligne triphasée, on doit avoir l'égalité vectorielle :

$$0 = a\,|\underline{0^\circ} + a'\,|\underline{180^\circ} + b'\,|\underline{180^\circ} + b\,|\underline{0^\circ} + c\,|\underline{0^\circ} + c'\,|\underline{180^\circ};$$

D'où la relation numérique :

$$a + b + c = a' + b' + c'.$$

Il est inutile d'essayer de neutraliser par des transpositions le voltage longitudinal induit entre les fils téléphoniques et la terre par les composantes résiduelles des voltages et courants de la ligne triphasée car nous avons vu que les transpositions ne changent pas la phase d'une telle induction.

Pour que la neutralisation de tous les voltages induits autres que ce voltage longitudinal dû aux résiduels puisse se faire dans chaque période de transposition, il faut donc et il suffit que toutes les égalités numériques précédentes soient satisfaites simultanément ce qui exige que l'on ait $a = a' = b = b' = c = c'$.

### B. — Cas d'une ligne triphasée et d'une ligne téléphonique comportant de nombreux circuits.

Dans ce cas il faut que les égalités précédentes soient satisfaites pour chacun des circuits de la ligne téléphonique, qu'il s'agisse d'un circuit bifilaire (ou physique ou combinant) ou d'un circuit quadrifilaire (ou fantôme ou combiné). En outre, il faut naturellement que les rotations des circuits téléphoniques suppriment à peu près complètement le mélange apparent de circuit à circuit. Toutes ces conditions peuvent être parfois difficiles à réaliser simultanément dans la pratique.

Ces conditions ne fixent pas la grandeur que doivent avoir pour

Digitized by Google

chaque circuit les longueurs égales $a$, $a'$, $b$, $b'$, $c$, $c'$. Cependant, même dans le cas d'un parallélisme uniforme où la distance entre la ligne triphasée et la ligne téléphonique est constante et où aucune discontinuité électrique ne se produit ni sur la ligne triphasée ni sur la ligne téléphonique, il importe que les distances $a$, $a'$ $b$, $b'$, $c$, $c'$ précédentes soient relativement courtes. Nous avons vu, en effet, que les phases et les valeurs efficaces des courants alternatifs I et des tensions alternatives V changent légèrement le long de la ligne d'énergie surtout si cette ligne est longue à cause des phénomènes de transmission électrique. Si l'on veut qu'une neutralisation des inductions dues aux différentes parties d'une période de transposition de la ligne triphasée soit possible, il convient donc, même dans le cas des parallélismes uniformes, que la longueur de cette période ne soit pas trop grande ; en pratique, les techniciens américains estiment que, dans bien des cas, une période de 6 milles (9.654 mètres) peut être satisfaisante. En général, lorsque les sections de parallélisme uniformes seront assez longues pour permettre d'employer, sur la ligne triphasée, une loi de transposition continue et régulière à période constante, des périodes de transposition de 3 milles (4.827 mètres) donneront des résultats satisfaisants, sauf peut-être dans le cas de parallélismes particulièrement graves.

Mais, en général, il est rare qu'un parallélisme soit uniforme sur une grande longueur, car il y a presque toujours de nombreuses discontinuités électriques tant sur la ligne d'énergie que sur la ligne téléphonique. Nous appellerons « discontinuité électrique » tout changement autre qu'une rotation ou une transposition affectant soit le circuit téléphonique, soit le circuit de la ligne triphasée et produisant une modification de la valeur efficace ou de la phase des voltages induits sur les fils téléphoniques : par exemple des variations brusques et importantes de la distance entre la ligne téléphonique et la ligne d'énergie, — des croisements entre ces deux lignes l'une au-dessus de l'autre, — des changements dans l'armement des poteaux et dans les positions géométriques respectives des conducteurs — des branchements sur une ligne ou sur l'autre — des bobines Pupin sur la ligne téléphonique, etc. (il convient de remarquer qu'une bobine Pupin constitue pour un circuit bifilaire une discontinuité en ce qui concerne le voltage transversal induit entre les fils de ce circuit, mais ne constitue pas une discontinuité en ce qui concerne le voltage longitudinal induit entre les deux fils et la terre, étant donné que la bobine Pupin est non-inductive à l'égard du circuit constitué par les deux fils téléphoniques et la terre).

Un croisement entre la ligne d'énergie et la ligne téléphonique constitue, en général, un point de discontinuité électrique du parallé-

Digitized by Google

lisme, mais on peut s'arranger de telle sorte que cette discontinuité disparaisse. Aux États-Unis, les deux fils d'un circuit téléphonique se trouvent toujours dans un même plan horizontal puisque ces fils sont supportés par des isolateurs montés sur des tiges plantées dans la même traverse. L'armement de la ligne triphasée varie suivant les cas : tantôt les trois fils sont sur un même plan horizontal (armement (horizontal) — tantôt sur un même plan vertical (armement vertical) — tantôt aux trois sommets d'un triangle équilatéral (armement triangulaire).

En ce qui concerne l'induction due aux composantes résiduelles des courants et des voltages de la ligne triphasée qu'on peut supposer attachées à une ligne monophasée fictive placée dans un plan vertical contenant les poteaux de cette ligne triphasée, un croisement entre les fils d'énergie et les fils téléphoniques équivaut à une rotation de chacun des circuits téléphoniques accompagnée d'une variation de distance entre la ligne triphasée et chacun de ces circuits (même dans le cas où avant et après ce croisement les poteaux du téléphone sont à la même distance des poteaux d'énergie). En ce qui concerne l'induction due aux composantes équilibrées des voltages et courants de la ligne triphasée, un croisement entre les deux lignes équivaut à une rotation de chacun des circuits téléphoniques dans le cas où l'armement de la ligne triphasée est vertical ; dans le cas où cet armement est horizontal ou triangulaire, un tel croisement n'équivaut, en général, exactement ni à une rotation du circuit téléphonique, ni à une transposition de la ligne triphasée et ne constitue qu'un arrangement différent des fils d'énergie. Cependant dans le cas où la distance des poteaux téléphoniques aux poteaux d'énergie est la même avant et après le croisement des deux lignes, on peut faire en sorte que ce croisement soit rigoureusement équivalent à une rotation du circuit téléphonique où à la fois à une rotation téléphonique et à une transposition de la ligne triphasée, même avec un armement horizontal ou triangulaire de la ligne d'énergie ; il suffit de s'arranger pour que la disposition de cet armement après le croisement soit rigoureusement symétrique de celle qu'il avait avant le croisement par rapport au plan des poteaux téléphoniques. Cela s'obtient tout naturellement dans le cas d'un armement horizontal où les deux fils extrêmes sont équidistants du fil médian ainsi que dans le cas d'un armement en triangle isocèle à base horizontale. Dans le cas d'un armement de forme plus complexe, cette symétrie ne peut être obtenue qu'en prenant des soins particuliers. Pour que cette symétrie ait lieu quel que soit le circuit téléphonique considéré, il faut évidemment que la distance entre les poteaux des deux lignes soit suffisante pour que

Digitized by Google

tous les circuits téléphoniques puissent être considérés comme étant pratiquement à la même distance de la ligne d'énergie. De tels croisements ne doivent plus être considérés comme des points de discontinuité électrique puisqu'ils sont équivalents à des transpositions ordinaires.

La figure 20 représente la disposition qu'il faut donner aux con-

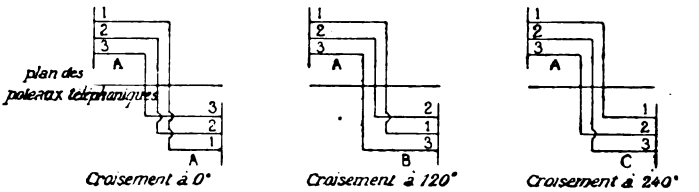



Fig. 20.— Croisements entre une ligne triphasée et une ligne téléphonique, ne constituant pas une discontinuité électrique.

ducteurs d'énergie de part et d'autre du croisement pour obtenir ce résultat, les Américains appellent ces croisements : « croisements à 0°, à 120° ou à 240° », d'après la différence de phase que présentent entre eux les voltages longitudinaux induits entre les fils téléphoniques et la terre avant et après le croisement. Bien que de tels croisements ne constituent pas une discontinuité électrique rompant l'uniformité du parallélisme, ils entraînent toutefois un léger changement dans l'établissement de la ligne d'énergie, car ils obligent à effectuer les transpositions successives sur cette ligne avec des sens de rotation opposés de part et d'autre de chaque croisement.

Les différents points de discontinuité déterminent dans un parallélisme entre une ligne d'énergie et une ligne téléphonique des sections dans chacune desquelles le parallélisme peut être considéré comme uniforme. Les transpositions de la ligne triphasée et les rotations des circuits téléphoniques doivent être coordonnées de telle façon que dans chacune de ces sections limitée à deux points de discontinuité successifs les voltages induits soient rigoureusement neutralisés. En d'autres termes, on doit effectuer une neutralisation complète de l'induction dans chaque intervalle compris entre deux discontinuités successives sans s'occuper du reste du parallélisme.

Il en résulte que les longueurs des périodes de transposition à adopter le long de la ligne triphasée dépendent en premier lieu du nombre des points de discontinuité et de leurs distances respectives.

Des transpositions et des rotations ainsi coordonnées neutraliseront complètement tous les voltages induits sur les circuits téléphoniques, à part le voltage longitudinal induit entre les fils téléphoniques et la

Digitized by Google

terre par les composantes résiduelles des voltages et des courants de la ligne d'énergie. Ce voltage longitudinal ne peut être réduit qu'en réduisant ces composantes résiduelles ; on y arrive facilement dans le cas d'un réseau triphasé isolé du sol en équilibrant les conductances de pertes et les capacités entre les trois fils et la terre, ce qui conduit à maintenir un bon isolement des trois fils et à transposer le réseau d'énergie dans toute son étendue (à des intervalles qui, en dehors des sections de parallélisme, peuvent être supérieurs à six milles) ; dans le cas d'un réseau à points neutres à la terre, la solution est bien plus difficile. Le mieux est de supprimer toutes les mises à la terre sauf peut-être à un seul point neutre, ce qui supprime tout chemin pour les courants de déséquilibre tendant à s'écouler par le sol. Dans le cas d'un réseau très étendu, cette solution peut parfois sembler inapplicable ou dangereuse : on améliorera alors sensiblement l'état des choses, et on supprimera dans les résiduels au moins la plus grande partie des harmoniques les plus gênants, en employant des transformateurs ayant toujours au moins un enroulement monté en triangle et dont le fer travaille toujours au-dessous de la saturation.

En résumé, les rotations effectuées sur chaque circuit téléphonique doivent en premier lieu neutraliser le mélange apparent de circuit à circuit entre les circuits d'une même ligne téléphonique ; elles doivent également, combinées avec les transpositions de la ligne d'énergie, neutraliser les voltages induits entre les fils du circuit téléphonique par les composantes équilibrées et résiduelles des courants et voltages de la ligne d'énergie ainsi que les voltages induits entre les fils téléphoniques et la terre seulement par les composantes équilibrées des courants et voltages de la ligne d'énergie.

Afin de neutraliser le voltage longitudinal induit entre les fils téléphoniques et la terre par les composantes équilibrées, il faut qu'il y ait dans chaque section de parallélisme uniforme un nombre entier de périodes de transposition de la ligne d'énergie.

Afin de neutraliser le voltage transversal induit entre les deux fils d'un circuit téléphonique par les composantes résiduelles de la ligne d'énergie, il faut que le circuit téléphonique ait dans chaque section de parallélisme uniforme un nombre impair de rotations, de telle sorte que cette section de circuit soit divisée par ces rotations en un nombre pair de segments égaux.

Afin de neutraliser le voltage transversal induit entre les deux fils d'un circuit téléphonique par les composantes équilibrées de la ligne d'énergie, on peut employer l'une des méthodes suivantes :

*a*) On peut considérer les transpositions de la ligne triphasée comme des points de discontinuité déterminant, au même titre que les

Digitized by Google

autres discontinuités, des sections successives de parallélisme uniforme et effectuer sur chaque circuit téléphonique dans chacune de ces sections, un nombre impair de rotations divisant chacune de ces sections de circuit téléphonique en un nombre pair de segments égaux.

*b*) Lorsque, sur la longueur d'une période de transposition de la ligne triphasée, il existe des rotations d'un circuit téléphonique qui empêchent la neutralisation complète du voltage transversal induit par les composantes équilibrées, on peut détruire ce résidu d'induction par des résidus de phases différentes ou de signe opposé dus à la même cause sur les autres périodes de transposition faisant partie de la même section de parallélisme uniforme, grâce à une coordination convenable le long de cette section des rotations téléphoniques et des transpositions de la ligne triphasée.

L'application de ces principes aux différents cas particuliers que présente la pratique est souvent bien compliquée, car les points de discontinuité sont très fréquents et sont distribués un peu au hasard sur les lignes triphasées. Si l'on veut réduire d'une façon économique les troubles d'induction, il est en général nécessaire d'étudier pour chaque cas particulier un système coordonné spécial de transpositions triphasées et de rotations téléphoniques.

Cependant les ingénieurs des téléphones américains ont adopté, en dehors de la loi standard d'anti-induction appliquée d'une façon tout à fait générale aux lignes téléphoniques non influencées par des lignes d'énergie, quelques lois de rotations particulières qui correspondent à des cas de parallélisme avec une ligne triphasée transposée dans des conditions déterminées. Trois cas particuliers ont été considérés avec attention et les trois solutions complètes du problème ont été étudiées pour ces trois cas. Il est rare qu'une seule de ces solutions convienne dans la pratique à toute une section de parallélisme, mais avec un peu d'habitude et de flair, on peut diviser une section de parallélisme donnée en un certain nombre de tronçons qu'on traite séparément suivant une de ces trois méthodes, et en général, en combinant ainsi ces procédés particuliers, on peut arriver à une solution à la fois économique et satisfaisante de l'ensemble du cas envisagé.

Ces méthodes spéciales d'anti-induction dérivent des règles standards applicables aux lignes téléphoniques non influencées : les modifications apportées à ces règles standards ont été faites d'après les principes résumés précédemment et ont eu pour but de neutraliser les voltages induits par la ligne d'énergie sur les fils téléphoniques, tout en portant le moins de préjudice possible à l'anti-induction de circuit à circuit.

Digitized by Google

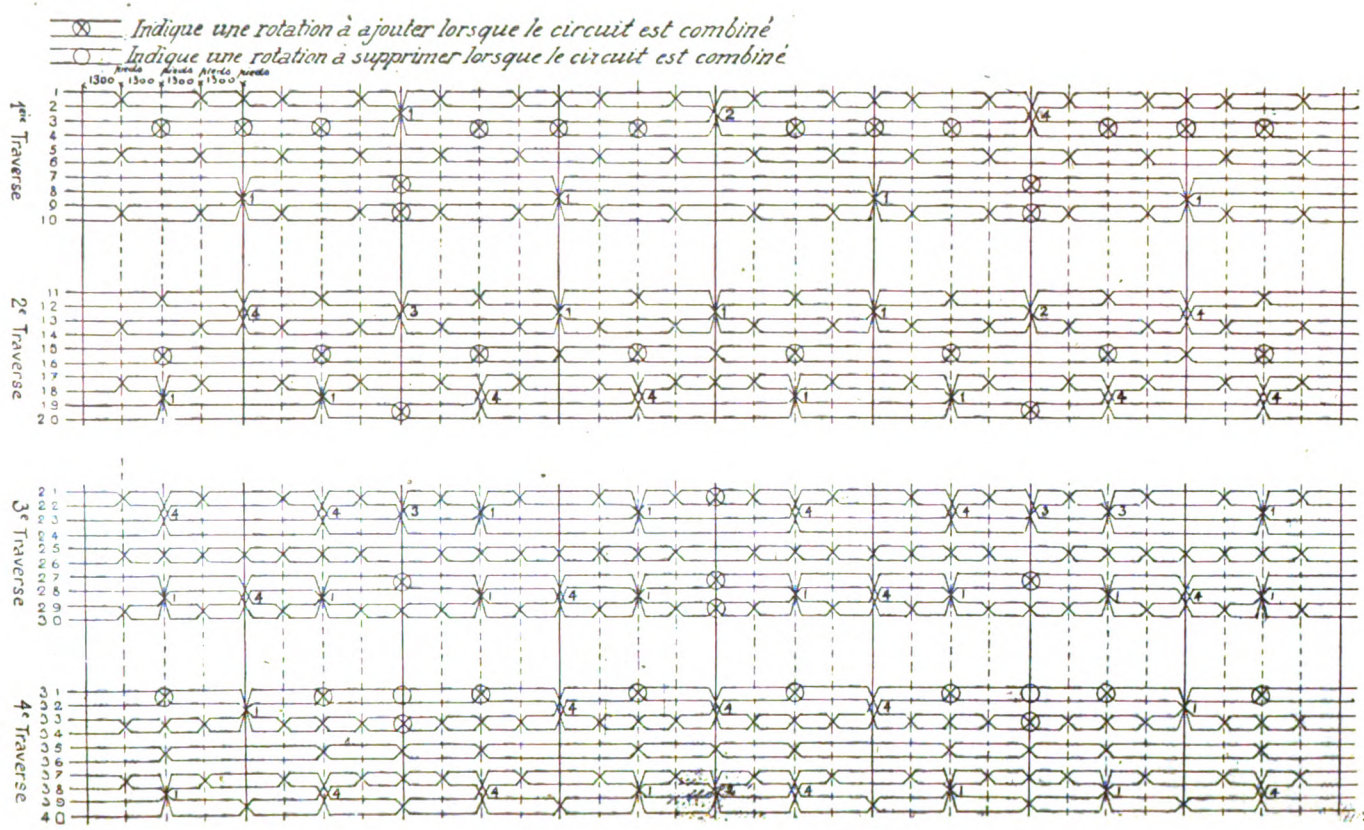



Fig. 21. — Loi des rotations téléphoniques non influencées : section standard.

Digitized by Google

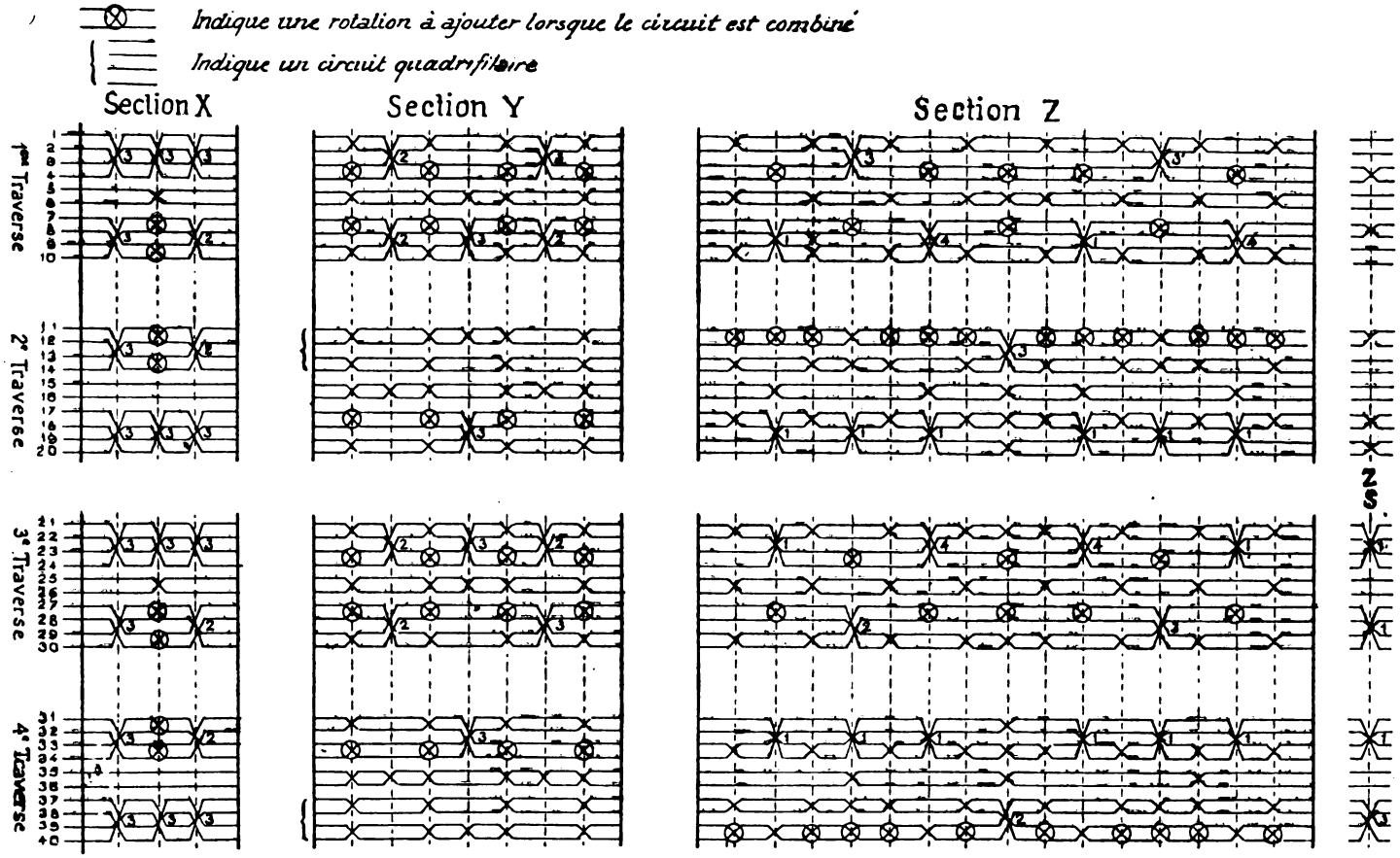



Fig. 22. — Loi des rotations des lignes téléphoniques non influencées : sections X, Y. Z,

Digitized by Google

La règle standard des rotations pour circuits téléphoniques non influencés en usage aux États-Unis divise la ligne téléphonique en sections égales d'une longueur d'environ 8 milles. Les lignes américaines comportent généralement 40 fils répartis sur 4 traverses horizontales à raison de 10 fils ou 5 circuits par traverse. Chaque longueur de 8 milles est divisée à son tour en huit parties égales ; chacune de ces parties est divisée elle-même en 4 parties égales d'une longueur de 1/4 de mille ou 1.300 pieds : cela fait donc 32 points de divisions sur chaque section de 8 milles. A ces 32 points se trouvent des poteaux qui sont des poteaux de croisement, tantôt pour un circuit tantôt pour l'autre, suivant des règles bien définies. La loi de répartition de ces rotations assure une anti-induction parfaite de circuit à circuit dans chaque section complète de 8 milles. Le cycle des rotations se reproduit identiquement d'une façon périodique dans chaque section ; on peut sans inconvénient dilater ou restreindre légèrement les longueurs de 8 milles précédentes, et, toutes proportions gardées, appliquer la règle standard à des sections dont la longueur est comprise entre 40.600 pieds et 42.600 pieds (alors que 8 milles valent à peu près 41.600 pieds).

Quand on veut assurer l'anti-induction dans des sections de lignes téléphoniques notablement plus courtes que celles-ci, il faut utiliser d'autres lois de rotation ; trois cas particuliers sont prévus : 1° « section X » — pour des longueurs comprises entre 800 pieds et 1/2 mille — 2° « section Y » — pour des longueurs comprises entre un 1/2 mille et un mille 1/2 — 3° « section Z » — pour des longueurs comprises entre 1 mille 1/2 et 4 milles. Ces quatre lois de rotation (section standard, section X, section Y, section Z) sont représentées dans les figures 21 et 22. La figure 23 représente les différents genres de rotation que peut subir un circuit quadrifilaire (ou circuit fantôme, ou

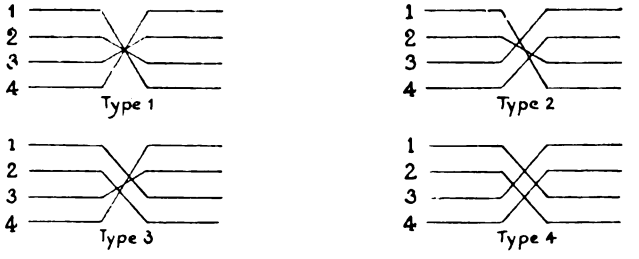



Fig. 23. — Différents genres de rotations d'un circuit quadrifilaire.

circuit combiné). Ces quatre lois s'appliquent toutes quatre aux lignes téléphoniques non influencées par des lignes d'énergie et comprenant 40 fils téléphoniques, soit 20 circuits bifilaires et 10 circuits quadrifilaires.

Digitized by Google

En modifiant les lois standards d'anti-induction concernant la section de 8 milles, la section Z de 4 milles et la section X de 800 pieds à 1/2 mille, afin d'assurer en outre d'une anti-induction parfaite de circuit à circuit une neutralisation des voltages induits par une ligne d'énergie triphasée perturbatrice transposée dans des conditions bien déterminées, les Ingénieurs des téléphones américains ont obtenu deux des trois méthodes particulières de protection contre les réseaux triphasés mentionnés précédemment ; ce sont :

1° La loi des rotations dite « des lignes exposées » (exposed line transposition system) comportant deux variantes :

*a*) « section E » pour une section de 8 milles (correspond à la loi de la section standard pour lignes non influencées) ;

*b*) « section L » pour une section de 4 milles (correspond à la loi de la section Z pour lignes non influencées).

2° La loi des rotations dite « des sections X consécutives » (consecutive X sections) qui correspond à la loi de la section X pour lignes non influencées.

*Loi des rotations des lignes exposées.* — Cette loi permet d'obtenir une anti-induction téléphonique parfaite de circuit à circuit et une neutralisation complète, dans chaque longueur de 1 mille, des voltages transversaux induits par la ligne triphasée.

Elle convient donc : *a*) dans le cas où la ligne d'énergie présente des transpositions ou des discontinuités placées régulièrement à des intervalles de un mille, précisément en regard des points qui marquent les 1/8 de section d'anti-induction sur la ligne téléphonique et que l'on peut appeler « points milléiques » de cette ligne (mile points). Ceci s'applique indifféremment à la section E et à la section L. *b*) Dans le cas où la ligne triphasée présente deux périodes complètes de transposition, c'est-à-dire 5 transpositions en tout dans chaque longueur de 1 mille. Ceci s'applique exclusivement à la section E.

Par suite, dans le cas de parallélismes uniformes, cette méthode est applicable au cas d'une ligne triphasée dont la période de transposition a une longueur de 6 milles, 3 milles ou 1/2 mille. Étant donné qu'il y a trois segments égaux dans chaque période et que les transpositions triphasées doivent être en regard des points milléiques de la ligne téléphonique, la période de transposition de la ligne triphasée doit, en effet, avoir, dans le cas (*a*), une longueur multiple de 3 milles ; et nous avons vu d'autre part que la période de transposition d'une ligne triphasée ne devait jamais en pratique être d'une longueur supérieure à 6 milles.

Digitized by Google

Les sections E et L qui constituent les deux variantes de la loi des rotations des lignes exposées sont représentées respectivement dans les figures 24 et 25.

*Loi des rotations des sections X consécutives.* — Cette méthode d'anti-induction téléphonique consiste à utiliser une succession de sections X pour ligne influencées ayant chacune une longueur de 1/2 mille environ et comportant chacune quatre poteaux de croisement. Cette méthode convient dans le cas où la ligne triphasée présente des discontinuités ou des transpositions à des intervalles réguliers de 1/2 mille environ, situées précisément en regard des points de jonction de ces sections X consécutives. Dans ces conditions, toutes les trois sections X, la neutralisation des voltages induits est complète. Par suite, dans le cas de parallélismes uniformes, cette méthode convient à une ligne triphasée sur laquelle la période de transposition est de 1 mille 1/2.

Des sections X peuvent être insérées à un endroit quelconque d'une ligne téléphonique, par exemple dans une des parties d'une cellule de pupinisation (la cellule de pupinisation étant la section de ligne aérienne pupinisée comprise entre deux points de chargement), l'anti-induction étant effectuée d'une façon différente dans le reste de la cellule ; la cellule se trouve ainsi divisée en deux tronçons indépendants formant chacun un tout au point de vue de l'anti-induction. Dans ce cas, à la jonction entre la section X (où les sections X consécutives) et les tronçons de lignes adjacents, aucune rotation ne doit être effectuée sur les circuits téléphoniques.

*Loi des rotations supplémentaires générales.* — La troisième méthode particulière d'anti-induction des lignes influencées à laquelle nous avons fait allusion diffère essentiellement des méthodes précédentes ; nous la désignerons sous le nom « loi des rotations supplémentaires générales » ou pour abréger de « loi des rotations générales » (*Whole line transpositions*). Elle consiste à superposer aux rotations effectuées suivant les règles standards d'antiinduction pour lignes téléphoniques non influencées des rotations supplémentaires spéciales, effectuées sur des poteaux différents des poteaux de croisements réguliers, et affectant à la fois tous les circuits de la ligne considérée. Le but de ces rotations supplémentaires est de neutraliser les voltages induits sur les fils téléphoniques par les fils d'énergie voisins, tout en modifiant le moins possible l'équilibre électro-statique entre les circuits téléphoniques pris deux à deux, lequel équilibre est nécessaire pour éviter le mélange apparent de circuit à circuit.

Digitized by Google

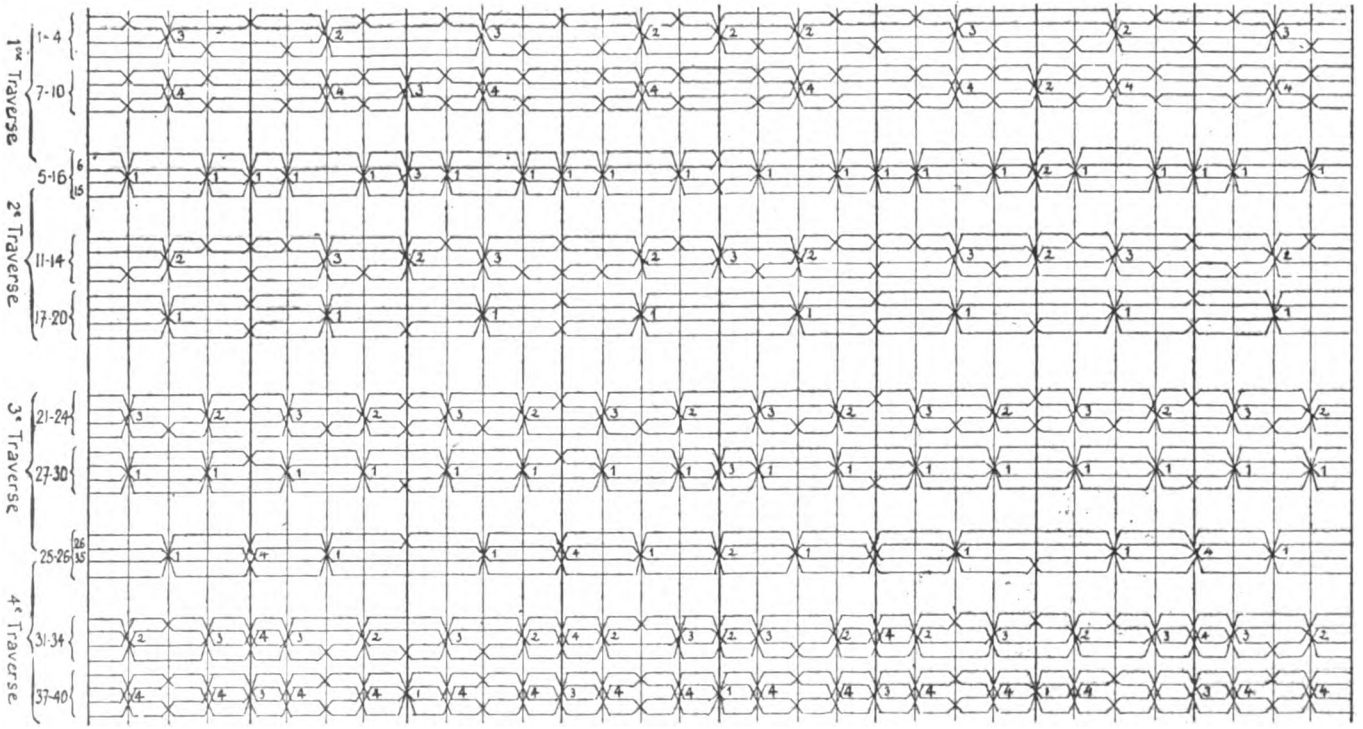



Fig. 24. — Loi des rotations des lignes exposées (section E) applicable à des sections dont la longueur est comprise entre 8 milles (12 km. 8) et la distance minimum permettant d'avoir le nombre nécessaire de poteaux de croisement.

Digitized by Google

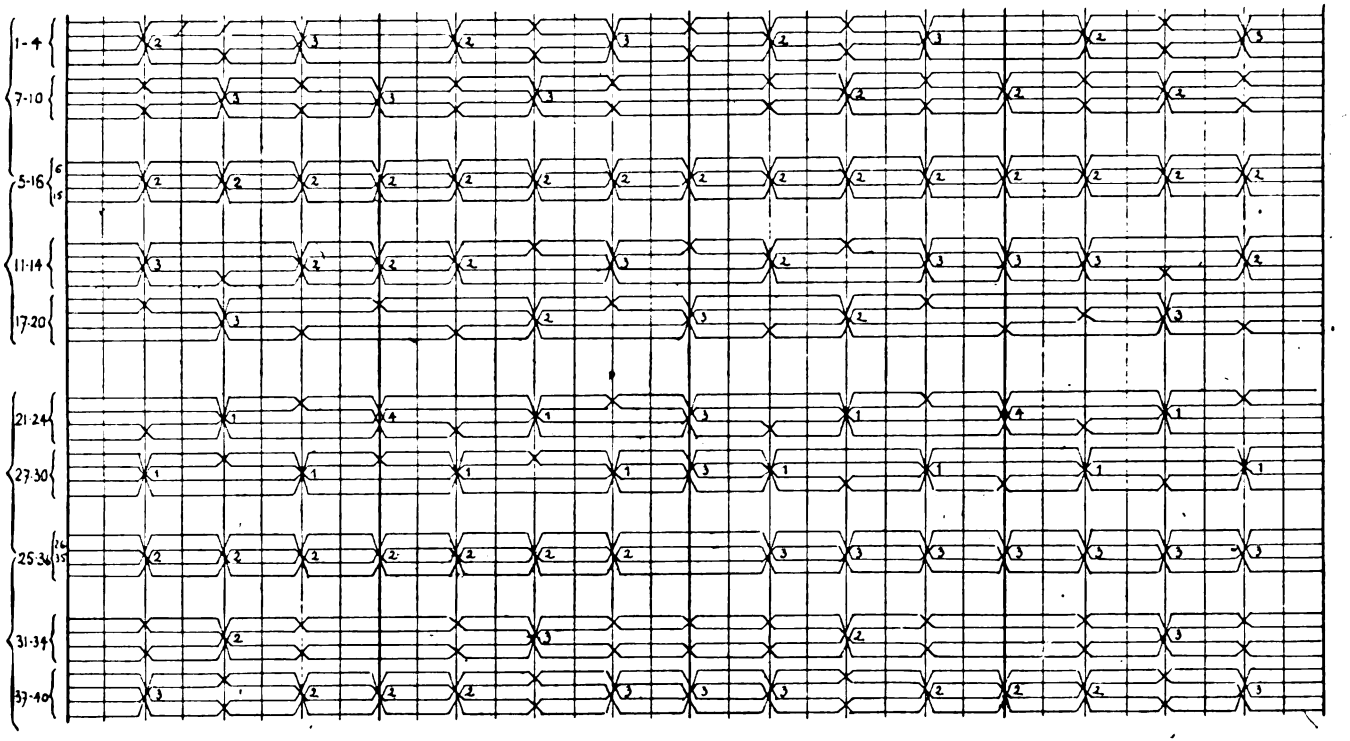



Fig. 25. — Loi des rotations des lignes exposées (section L), applicable à des sections dont la longueur est comprise entre 4 milles (6 km. 4) et la distance minimum permettant d'avoir le nombre nécessaire de poteaux de croisement.

Digitized by Google

Lorsque la ligne téléphonique ne comporte pas de circuits quadrifilaires (ou combinés ou fantômes), ces rotations supplémentaires peuvent être effectuées sans inconvénient en des points quelconques situés entre les poteaux de croisement réguliers. Dans le cas où il existe des circuits quadrifilaires, ces rotations supplémentaires introduisent un déséquilibre dans l'anti-induction des circuits l'un par rapport à l'autre ; car la rotation d'un tel circuit change la position des deux circuits bifilaires dans l'armement de la ligne et par suite les distances respectives entre ces deux circuits bifilaires et les autres circuits de la ligne. Afin de compenser ces déséquilibres, il convient donc d'intercaler les rotations supplémentaires d'une façon symétrique entre deux poteaux de croisement réguliers.

C'est pour cette raison que les rotations supplémentaires générales sont d'ordinaires effectuées, en Amérique, conformément à l'une des deux règles suivantes : la règle du quart de mille et la règle du demi-mille. Ces deux règles sont illustrées par la figure 26 ; la première assure

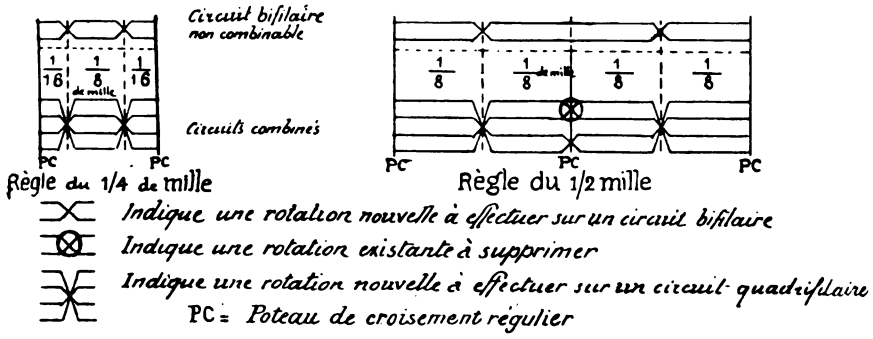



Fig. 26. — Loi des rotations supplémentaires générales.

une anti-induction des circuits téléphoniques par rapport aux fils d'énergie tous les 1/8 de mille ; la deuxième assure une telle anti-induction tous les 1/4 de mille.

Cette méthode des rotations supplémentaires générales est appliquée très rarement (et elle l'est toujours comme un pis-aller), par exemple lorsqu'il s'agit de neutraliser rapidement et sans trop de frais l'induction causée par une ligne d'énergie sur une ligne téléphonique déjà anti-inductée suivant la loi standard des rotations des lignes téléphoniques non influencées : dans ce cas, les rotations supplémentaires générales permettent évidemment d'effectuer cette neutralisation, mais, lorsque la ligne téléphonique comporte des circuits quadrifilaires (ou combinés), c'est toujours au détriment de l'anti-induction des circuits téléphoniques pris deux à deux, laquelle



Digitized by Google

anti-induction est alors bien compromise. Il y a donc là un procédé dont l'application ne peut être qu'exceptionnelle et doit toujours être limitée en tous cas à des sections de lignes téléphoniques dont la longueur n'excède pas 4 milles, lorsqu'il s'agit de lignes non pupinisées, et n'excède pas 1 mille lorsqu'il s'agit de lignes pupinisées, ces dernières devant être anti-inductées avec un soin particulier.

## RÉSUMÉ

Des trois méthodes précédentes, la première seule, c'est-à-dire la loi des rotations des lignes exposées, donne une solution complète, satisfaisant aux trois conditions principales du problème, à savoir : 1° neutralisation de l'induction due à la ligne d'énergie dans chacun des circuits téléphoniques, aussi bien dans les circuits bifilaires que dans les circuits quadrifilaires ; 2° anti-induction parfaite de circuit téléphonique à circuit téléphonique ; 3° prix raisonnable. Ce dernier facteur est très important, car l'établissement de rotations nombreuses et espacées à des intervalles rigoureusement conformes aux cotes d'un dessin très précis tracé sur le papier nécessite, dans la construction d'une ligne téléphonique nouvelle et *a fortiori* dans le remaniement des fils d'une ligne existante, un soin très attentif du chef des travaux et une main-d'œuvre coûteuse.

Malheureusement cette méthode ne s'applique qu'à des sections de parallélisme uniforme d'une longueur de 8 milles ou de 4 milles environ. Or, dans la pratique, les points de discontinuité sont répartis un peu au hasard tant sur la ligne d'énergie que sur la ligne téléphonique, et, par suite, les sections le long desquelles le parallélisme est uniforme ont des longueurs très variables et sont souvent très courtes. On est donc obligé, dans la plupart des cas, de combiner les trois méthodes précédentes et d'appliquer la méthode des sections X consécutives et celle des rotations supplémentaires générales lorsque la méthode des lignes exposées ne saurait convenir. L'application combinée de ces trois procédés différents exige, de la part de l'ingénieur chargé de la construction ou du remaniement d'une ligne téléphonique influencée ou susceptible d'être influencée par un réseau triphasé d'énergie électrique, non seulement une habileté technique et un sens commercial remarquables lui permettant de choisir parmi toutes les solutions possibles la plus économique, mais exige aussi la connaissance exacte de bien des détails concernant le réseau triphasé contre lequel il doit se prémunir. Tous les renseignements dont il a besoin doivent lui être fournis avant qu'il commence l'étude des rotations à effectuer sur sa ligne téléphonique. C'est pourquoi la *Pacific*

Digitized by Google

*Telephone and Telegraph Company*, par exemple, qui, en Californie, a eu à traiter de nombreux cas de parallélisme entre lignes d'énergie et lignes téléphoniques, a préparé des notices imprimées énumérant toutes les données qu'il est nécessaire de posséder avant d'entreprendre l'étude d'un cas particulier. Une de ces notices, empruntée à l'article de MM. Griswold et Mastick, intitulé : *Inductive interference as a practical problem*, et traduite de l'anglais est reproduite dans l'appendice A, ci-joint. Dans l'appendice B, nous indiquons, à titre d'exemple, l'application des méthodes d'anti-induction que nous venons d'exposer à un cas particulier, également emprunté à l'article de MM. Griswold et Mastick.

## CHAPITRE V

### Importance des harmoniques. Leurs origines. Les moyens de les réduire.

Le courant parasite induit sur un circuit téléphonique influencé par des fils d'énergie est toujours une combinaison de courants de plusieurs fréquences différentes. Il s'en faut de beaucoup que ces courants de fréquences différentes aient la même action nuisible sur l'intelligibilité de la conversation téléphonique. En effet, tandis que les perturbations apportées dans le fonctionnement des appareils télégraphiques par l'induction due aux lignes d'énergie sont surtout causées par la composante fondamentale et les composantes de basse fréquence des voltages induits par ces lignes, c'est au contraire les composantes de haute fréquence (harmoniques d'ordres élevés) qui causent le plus grand préjudice au service téléphonique.

Il n'y a pas de méthode exacte permettant d'évaluer le préjudice causé par des bruits d'induction pendant une communication téléphonique. Mais on peut se faire une idée de la réduction d'intelligibilité que produisent de tels bruits en comparant, comme le font les Américains, les équivalents de transmission de deux circuits semblables qui diffèrent seulement par le fait que l'un est influencé par des lignes d'énergie et est le siège de bruits parasites tandis que l'autre n'est pas influencé et reste silencieux.

Des essais de cette nature ont été effectués par les ingénieurs de l'*American Telephone Company* en induisant des courants parasites alternatifs de différentes fréquences, engendrés par une source à fréquence variable (oscillateurs Vreeland), sur des circuits dont l'équivalent de transmission variait jusqu'à 30 milles de câble standard.

Digitized by Google

Si l'on porte en abscisses les différentes fréquences, de 0 à 1.600 périodes, et en ordonnées les réductions d'intelligibilité causées par un micro-ampère de courant parasite dont la fréquence varie ainsi de 0 à 1.600 périodes, on obtient la courbe représentée sur la figure 27.

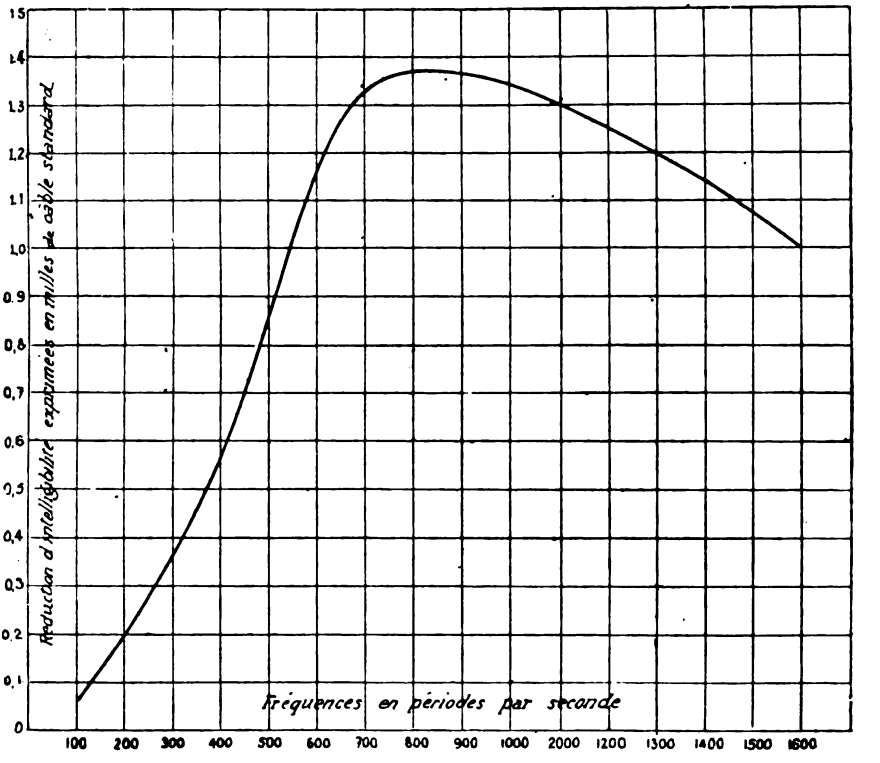



Fig. 27. — Effet d'un micro-ampère de courant parasite de fréquence variable sur l'intelligibilité d'une conversation téléphonique.

La réduction d'intelligibilité, portée en ordonnée et mesurée en milles, de câble standard, s'obtient en calculant l'augmentation d'équivalent de transmission d'un circuit lorsque, ce circuit étant primitivement silencieux, on induit sur lui un micro-ampère de courant parasite.

Si des bruits parasites causent sur un circuit téléphonique donné une réduction d'intelligibilité de un mille de câble standard, il faut, pour obtenir une transmission aussi bonne que si ces bruits n'existaient pas, diminuer de 1 mille de câble standard l'équivalent de transmission du circuit considéré, ce que l'on peut faire en augmentant par exemple le diamètre des conducteurs, c'est-à-dire la quantité de cuivre du circuit. Cette remarque permet d'évaluer approximative-

Digitized by Google

ment en argent, pour différents types de circuits téléphoniques, le préjudice causé par une réduction d'intelligibilité de 1 mille de câble standard, c'est-à-dire par exemple, en se rapportant à la courbe de la figure 27, le préjudice causé par un micro-ampère de courant parasite à 1.600 périodes. C'est ainsi que les ingénieurs américains estiment que le préjudice annuel causé sur un circuit téléphonique pupinisé en fil nu aérien, n° 8 B. W. G. (environ 4 mm. de diamètre, en cuivre) par une réduction d'intelligibilité de 1 mille de câble standard est de 1.300 dollars pour un circuit bifilaire ou combinant et de 1.900 dollars pour un circuit quadrifilaire ou combiné.

Nous avons vu que le courant parasite induit sur un circuit téléphonique par des fils d'énergie est une combinaison de courants de plusieurs fréquences différentes. L'effet d'un courant complexe de ce genre sur l'intelligibilité de la conversation téléphonique peut être évalué approximativement en prenant la racine carrée de la somme des carrés des réductions d'intelligibilité dues aux différentes fréquences composantes, ces réductions d'intelligibilité étant toutes exprimées en mille de câble standard.

La courbe de la figure 27 montre bien que, au point de vue téléphonique, ce sont les composantes de haute fréquence (ou harmoniques) des courants et des voltages de la ligne d'énergie qui sont les plus gênantes. L'énergie que représentent ces harmoniques est heureusement relativement faible ; elle ne se chiffre pas par des milliers de kilowatts, comme pour les composantes fondamentales, mais simplement par kilowatts et souvent même par watts. Ces composantes de haute fréquence, si préjudiciables au bon fonctionnement du réseau téléphonique, ne sont pas du tout nécessaires au bon fonctionnement du réseau d'énergie. Si elles pouvaient être complètement éliminées du réseau de distribution électrique, il ne s'ensuivrait aucun inconvénient pour la C^ie^ d'Électricité et il deviendrait alors très facile de supprimer à peu près complètement les troubles d'induction sur les circuits téléphoniques en appliquant les procédés précédemment étudiés, à savoir : limitation des résiduels et coordination des transpositions de la ligne d'énergie et des rotations des circuits téléphoniques.

L'élimination des harmoniques d'un réseau d'énergie existant est un problème très difficile et le plus souvent impossible à résoudre d'une façon économique ; mais, lorsqu'un réseau d'énergie doit être établi de toutes pièces, on ne saurait, dans le projet de ce réseau, attacher trop d'importance à la forme de l'onde aux différents points du réseau : générateurs, transformateurs, moteurs, etc. Il est donc intéressant d'étudier d'où proviennent les composantes de fréquence supérieure à 150 périodes (qui sont les plus gênantes au point de vue

Digitized by Google

téléphonique) et par quels moyens on peut les réduire, sinon les éliminer. Nous distinguerons le cas des réseaux de distribution électrique par courant alternatif et le cas des réseaux de distribution électrique par courant continu.

### I. — Réseaux a courants alternatifs.

Dans ces réseaux, les composantes de haute fréquence ont ordinairement des fréquences multiples entiers de la fréquence fondamentale, ce qui légitime leur nom d'harmoniques, alors que ce nom n'a été donné que par extension aux composantes de haute fréquence des réseaux à courants continus.

Les sources principales d'harmoniques sont : 1° les machines tournantes (alternateurs ou moteurs) ; 2° les transformateurs statiques ; 3° certains récepteurs statiques, tels que les arcs lumineux à courant alternatif.

1° Les *machines tournantes* elles-mêmes engendrent des harmoniques pour des causes très différentes ; nous les distinguerons par les noms suivants : A) harmoniques de denture ; B) harmoniques dus à la répartition du flux ; C) harmoniques dus à la disposition des conducteurs des enroulements d'induit.

A) *Harmoniques de denture.* — Ce sont ceux qui causent les perturbations les plus fréquentes dans les réseaux téléphoniques ; ils proviennent de ce que l'induit, au lieu d'être un cylindre à surface lisse et régulière, présente des encoches profondes parallèles à l'axe de cet induit et dans lesquelles sont logés les conducteurs des enroulements. Les parties saillantes qui séparent ces encoches sont appelées des dents. Les encoches étant profondes et les matières isolantes, le cuivre ou l'air qui les emplissent étant beaucoup moins perméables au flux magnétique que le fer qui constitue l'armature de l'induit, la plus grande partie des lignes de force magnétique traversant l'entrefer et pénétrant dans cette armature y entre par les dents ; de sorte que l'on peut admettre, en première approximation, que le flux magnétique dans l'entrefer sous chaque pôle est, à chaque instant, proportionnel à la surface totale des dents placées sous ce pôle à cet instant.

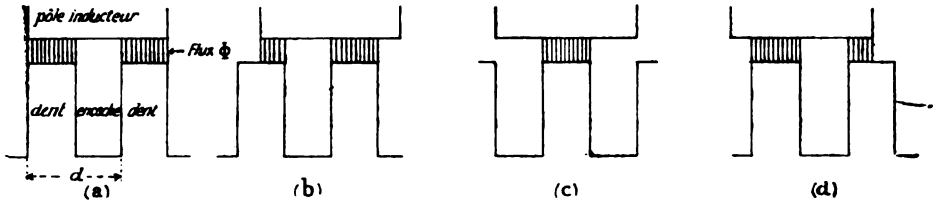
Lorsque l'induit tourne et occupe les différentes positions représentées par la figure 28 (I), ce flux magnétique $\Phi$ varie conformément à la courbe de la figure 28 (II) ; il est évident que cette variation doit être périodique ; sa fréquence dépend du temps que met le rotor à se déplacer de la largeur d'une encoche.

Digitized by Google

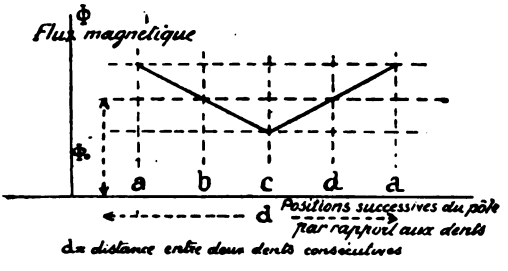
Si l'induit était lisse (sans dents) le flux magnétique sous chaque pôle serait constant et égal à $\Phi_0$ ; en supposant réalisées toutes les autres conditions pour que le courant dans l'induit soit sinusoïdal, ce courant aurait pour expression :

$$k\,\Phi_0 \operatorname{Sin} 2\pi f t$$

$k$ étant une constante et la fréquence $f$ étant égale à $f = \frac{N}{60} p$, en désignant par $p$ le nombre total de paires de pôles de la machine et par N le nombre de tours effectués par le rotor en une minute.




(I)




(II)

Fig. 28. — Variations de flux magnétique sous un pôle inducteur, causées par le mouvement relatif des dents de l'induit et du pôle inducteur.

A cause des dents de l'induit, le flux magnétique sous chaque pôle au lieu d'être constant et égal à $\Phi_0$ est périodique et égal à : $\Phi_0 + \varphi \operatorname{Sin} 2\pi F t$, où F, dans le cas simple d'un alternateur monophasé par exemple, représente le nombre de dents qui défilent sous le pôle pendant une seconde. On a :

$$F = n \times \frac{N}{60} \times 2p$$

formule dans laquelle N et $p$ ont les significations précédentes et dans laquelle $n$ désigne le nombre d'encoches (ou de dents) par pôle.

On en déduit la relation : $F = 2nf$.

L'expression du courant dans le cas d'un induit denté devient donc :

$$k\,\Phi_0 \operatorname{Sin} 2\pi f t + k\,\varphi \operatorname{Sin} (2\pi . 2nf . t) \times \operatorname{Sin} 2\pi f t$$

Le premier terme est le terme fondamental ; le second terme peut s'écrire :

Digitized by Google

$$\frac{k\varphi}{2}\left[\text{Cos}\,(2n-1).\,2\pi ft - \text{Cos}\,(2n+1)\,2\pi ft\right]$$

La denture de l'induit introduit donc deux harmoniques dont les fréquences sont $(2n-1)f$ et $(2n+1)f$, $f$ étant la fréquence fondamentale : on les appelle les harmoniques de denture.

Par exemple, pour des alternateurs monophasés de fréquence fondamentale 50, une denture à 6 dents par pôle introduit des harmoniques d'ordres 11 et 13, c'est-à-dire de fréquence 550 et 650 ; une denture à neuf dents par pôle introduit des harmoniques d'ordres 17 et 19, c'est-à-dire de fréquences 850 et 950. Ces fréquences sont celles auxquelles le téléphone est particulièrement sensible.

Dans la construction des machines nouvelles, les harmoniques de denture peuvent être largement réduits par des modifications qui tendent à réduire la variation du flux dans l'entrefer. Si, par exemple, les bords de la pièce polaire sont taillés et amincis de telle sorte que l'entrefer soit plus grand sous les bords que sous le centre de la pièce polaire et augmente graduellement en allant du centre vers les bords, le flux dans une dent, pendant le mouvement de la pièce polaire devant cette dent, varie progressivement d'une façon très graduelle, et l'on évite ces séries de variations brusques qui provoquent les harmoniques de denture.

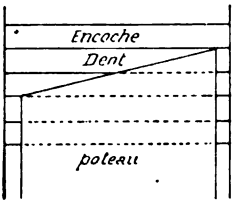



Fig. 29. — Pièce polaire taillée en biseau pour éviter les harmoniques de denture.

On arrive au même résultat en taillant en biseau les bords de la pièce polaire, c'est-à-dire en les inclinant par rapport aux encoches de l'induit, de telle sorte que les dents ne quittent le pôle que d'une façon progressive (fig. 29).

On peut aussi employer des encoches presque complètement fermées afin de se rapprocher le plus possible de l'induit lisse. Enfin, en utilisant un entrefer relativement grand, on donne à la saillie des dents une importance relative moindre, et par suite on réduit également l'importance des harmoniques de denture.

Ces harmoniques de denture se produisent dans toutes les machines dont les enroulements sont placés dans des encoches, c'est-à-dire non seulement dans les alternateurs mais aussi dans les moteurs synchrones et asynchrones, les moteurs à collecteur, etc.

B) *Harmoniques dus à la répartition du flux.* — Si le long de la surface de l'induit, le flux inducteur avait à chaque instant une répar-

Digitized by Google

tition parfaitement sinusoïdale, c'est-à-dire une densité $\varphi$ qui en chaque point d'abscisse $x$ par rapport à une origine fixe, soit donnée par une expression de la forme $\varphi = \varphi_0 \text{ Sin } \omega x$, la force électro-motrice induite dans chaque conducteur de l'induit tournant d'un mouvement uniforme serait elle-même sinusoïdale. Mais pratiquement la courbe de répartition du flux le long de l'induit est une courbe carrée plutôt qu'une sinusoïde, le flux étant à peu près uniforme sous le pôle et s'annulant subitement quand on quitte le pôle pour entrer dans un intervalle polaire. Or, d'après le théorème de Fourier, une courbe de forme rectangulaire peut être décomposée en une série de sinusoïdes dont les plus importantes (dans le cas d'une machine symétrique dont les pôles Nord et Sud sont symétriques et symétriquement placés) sont la sinusoïde fondamentale et ses harmoniques 3 et 5. Il en résulte que les mêmes harmoniques existent dans les forces électro-motrices induites dans chacun des conducteurs de l'induit et par suite dans la force électro-motrice totale aux bornes de la machine.

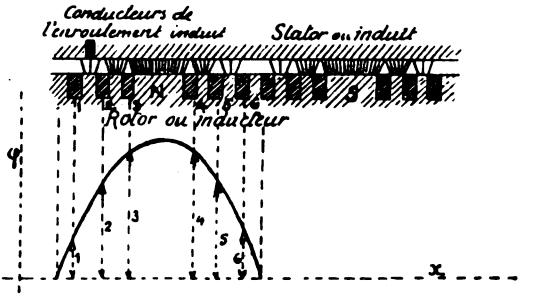



Fig. 30. — Répartition sinusoïdale du flux dans une machine sans pôle saillant.

Les harmoniques dus à cette cause peuvent être réduits en s'arrangeant de telle sorte que le flux inducteur ait une répartition à peu près sinusoïdale. Dans les machines à pôles saillants, c'est-à-dire dans celles où les pôles sont en saillie sur la carcasse de l'inducteur, il suffit de tailler les pièces polaires de telle sorte que l'entrefer augmente graduellement d'épaisseur quand on va du centre de ces pièces polaires vers leurs bords. Dans les machines sans pôles saillants, où l'inducteur tournant est un cylindre portant des encoches dans lesquelles se trouvent les conducteurs de l'enroulement inducteur, il suffit de répartir ces conducteurs convenablement dans ces encoches, de telle sorte que le nombre de conducteurs placés dans une encoche quelconque soit une fonction sinusoïdale de l'abscisse ou du rang de cette encoche (fig. 30).

C) *Harmoniques dus à la disposition des conducteurs de l'enrou-*

Digitized by Google

*lement induit.* — Si tous les conducteurs de l'enroulement induit étaient groupés au même point sur l'armature de l'induit (fig. 31-*a*) la courbe représentant en fonction du temps la force électromotrice aux bornes de l'enroulement induit serait identique à la courbe de répartition du flux dans l'entrefer. Dans le cas d'une machine à pôles saillants elle aurait l'aspect de la figure 31-*b*.

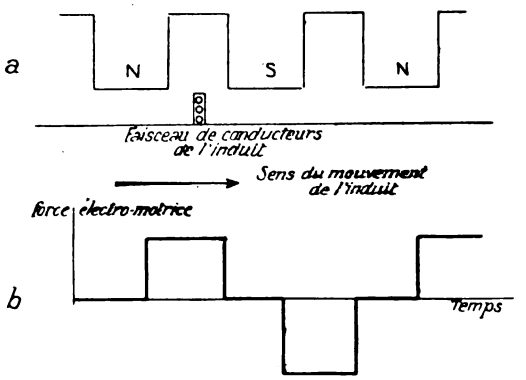



Fig. 31.

Mais pratiquement les conducteurs de l'enroulement induit sont pour chaque phase disposés sur un arc important de la surface de l'armature (figure 32-*a*); de sorte que les forces électromotrices induites n'ont pas la même valeur pour tous ces conducteurs au même moment, mais présentent au contraire, entre elles, des différences de phases. La force électro-motrice résultante aux bornes de machine, qui est la résultante des forces électro-motrices induites dans ces différents conducteurs, a donc une forme différente de celle de la courbe de répartition du flux. Dans ces conditions, si la répartition du flux est sinusoïdale, la force électro-motrice aux bornes de la machine ne l'est plus et présente des harmoniques dus à la distribution des conducteurs induits le long de la surface de l'armature. Par contre, si la courbe de la répartition du flux n'est pas sinusoïdale, il se peut que

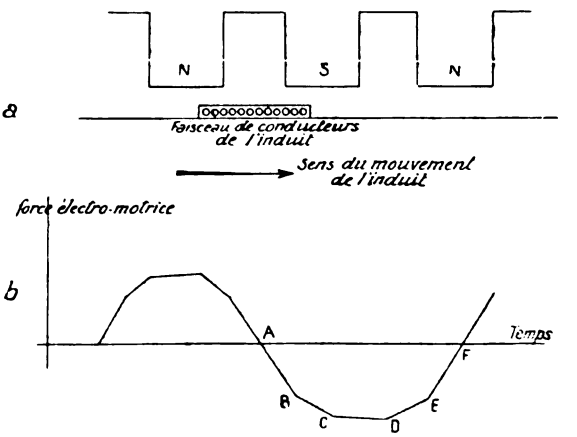



Fig. 32.

Digitized by Google

celle de la force électro-motrice aux bornes de la machine se rapproche au contraire davantage d'une sinusoïde, à condition que les enroulements induits soient convenablement répartis ; c'est ainsi que la courbe de force électro-motrice représentée sur la figure 32-*b* se rapproche davantage d'une sinusoïde que celle représentée sur la figure 31-*b* ; il y a donc là un moyen d'améliorer la forme de l'onde d'une machine.

Mais cette méthode est impuissante à réduire les harmoniques de denture si le nombre total des dents est un multiple entier du nombre des pôles, car alors les variations brusques de flux qui sont la cause des harmoniques de denture affectent tous les conducteurs formant une même phase de la même manière au même moment. Si, au contraire, le nombre d'encoches n'est pas un multiple entier du nombre des pôles, on peut fort bien concevoir un moyen de neutraliser également les harmoniques de denture par une distribution convenable des conducteurs sur l'armature de l'induit, en supposant par exemple que, à chaque pôle, en correspond un autre pour lequel les positions respectives des encoches et des dents sont inverses, ou, en d'autres termes, si une dent occupe une certaine position sous le premier pôle, c'est une encoche qui occupe la position correspondante sous le second : on conçoit que dans ce cas les composantes d'harmoniques de denture dans les enroulements placés sous ces deux pôles se neutralisent.

Au lieu de modifier des machines existantes, afin de purifier la forme de leur onde, il est souvent plus économique d'employer des appareils auxiliaires qu'on raccorde à ces machines pour filtrer les courants qui en sortent. Ces dispositifs peuvent être soit des appareils montés en série et offrant une grande impédance au passage des courants de haute fréquence qu'on veut étouffer, soit des appareils montés en dérivation présentant une grande impédance pour les composantes fondamentales de basse fréquence et au contraire une très faible impédance pour les courants de haute fréquence qui se trouvent ainsi dérivés et court circuités, soit enfin une combinaison d'appareils montés en série et d'appareils montés en dérivation.

2° Les *transformateurs statiques* introduisent également des harmoniques à cause des phénomènes de saturation magnétique et d'hystérésis magnétique du fer.

Si l'on considère une bobine d'induction de coefficient de self-induction L parcourue par un courant I, on sait que le flux magnétique qui traverse cette bobine est $\Phi = L\ I$. Dans le cas d'une bobine sans fer, L est constant quel que soit I, de sorte que le flux et le cou-

Digitized by Google

rant ont tous deux la même forme d'onde : si le flux est sinusoïdal, le courant l'est également (fig. 33-a).

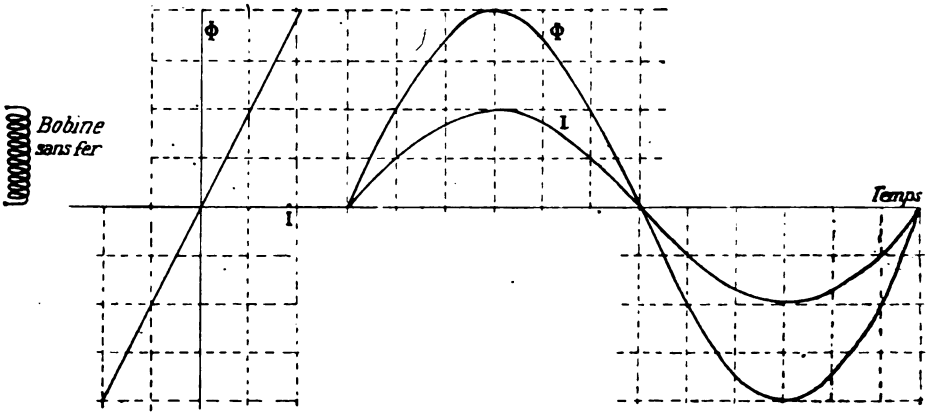



Fig. 33-a. — Courbe du courant I dans l'enroulement d'une bobine sans fer dans le cas d'un flux magnétique Φ sinusoïdal.

Dans le cas d'une bobine avec noyau de fer, à cause des phénomènes de saturation magnétique et d'hystérésis magnétique du fer, la courbe du flux magnétique Φ en fonction du courant I est analogue à celle de l'induction magnétique B, en fonction du champ magnétique $\mathcal{H}$ (puisque l'on a $\Phi = B \times S$, où S désigne un coefficient constant égal à l'aire de la section de la bobine, et $\mathcal{H} = k.\,I$, où $k$ est également un coefficient constant, proportionnel au nombre de spires de la bobine par unité de longueur). Cette courbe est loin d'être une ligne droite, et a une forme compliquée et très connue : c'est la courbe d'un cycle d'hystérésis.

Si le flux magnétique résultant dans la bobine à noyau de fer est sinusoïdal, la courbe du courant I en fonction du temps (déduite de la courbe d'hystérésis donnant Φ en fonction de I) ne sera pas du tout sinusoïdale et présentera au contraire un aspect très irrégulier (fig. 33-*b*).

Cela posé, considérons un transformateur à noyau de fer. Supposons qu'il n'y ait pas de fuites magnétiques, et que Φ soit le flux magnétique résultant à travers chacun des deux enroulements primaire et secondaire. Soient $u_1$ la différence de potentiel entre les bornes du primaire, et $u_2$ la différence de potentiel entre les bornes du secondaire. Soient $n_1$, le nombre de l'enroulement primaire, et $n_2$ le nombre de spires de l'enroulement secondaire. En négligeant la résistance des enroulements primaires et secondaires, on doit avoir :

Digitized by Google

$$u_1 = n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad u_2 = n_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Si les bornes du primaire sont raccordées à un générateur donnant un voltage sinusoïdal $u_1 = U_1 \sqrt{2} \cos \omega t$, on aura :

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{U_1 \sqrt{2}}{n_1} \cos \omega t$$

d'où $\Phi = \frac{U_1 \sqrt{2}}{n_1 \omega} \operatorname{Sin} \omega t$. Le flux résultant $\Phi$ sera donc également sinusoïdal. Mais alors, les courants parcourant les enroulements du

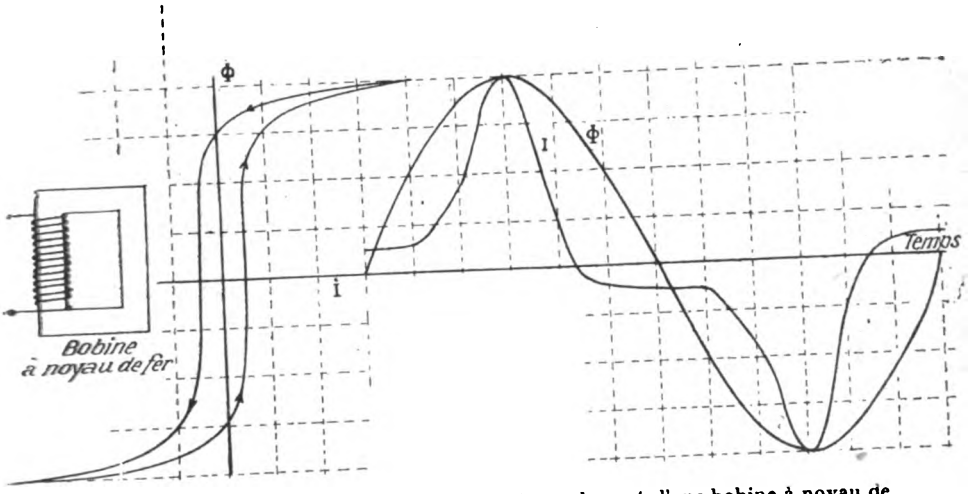



Fig. 33-*b*. — Courbe du courant I dans l'enroulement d'une bobine à noyau de fer dans le cas d'un flux magnétique $\Phi$ sinusoïdal.

transformateur ne seront plus du tout sinusoïdaux car, à cause des phénomènes de saturation et d'hystérésis magnétiques, le courant magnétisant qui sert à entretenir un flux magnétique sinusoïdal $\Phi$ dans du fer n'est pas lui-même sinusoïdal. Par suite, les transformateurs statiques, à cause de leurs noyaux de fer, introduisent des harmoniques dans les réseaux de distribution électrique.

On aurait pu montrer, par des raisonnements analogues, que si les courants parcourant les enroulements d'un transformateur à noyau de fer sont sinusoïdaux, c'est le flux résultant et les voltages aux bornes de ces enroulements qui, cette fois, ne sont pas sinusoïdaux.

En d'autres termes, le fer des transformateurs introduit toujours

Digitized by Google

des harmoniques : suivant les cas, ces harmoniques affectent soit les courants dans les enroulements des transformateurs, soit les voltages aux bornes de ces enroulements ; mais il faut toujours qu'ils apparaissent dans les uns ou dans les autres. Les harmoniques les plus importants introduits de cette manière, sont généralement le troisième et le cinquième harmonique.

Dans le cas des réseaux triphasés, ce troisième harmonique (et en général les harmoniques de rangs multiples de 3) peut être considérablement réduit par un montage judicieux des enroulements des transformateurs.

Supposons que nous soyons en présence d'un réseau de distribution de courants triphasés et qu'il y ait au poste de transformation un transformateur monophasé sur chaque phase. Les quatre principales méthodes de montage des enroulements des transformateurs de ce poste sont représentés sur les figures 34-*a*, 34-*b*, 34-*c*, 34-*d*. Ce sont les montages : étoile-étoile, triangle-triangle, étoile-triangle, triangle-étoile.

Nous avons vu précédemment que, même dans le cas où les voltages établis entre les bornes des primaires seraient sinusoïdaux, à cause des noyaux de fer, il apparaîtra des harmoniques dans les courants parcourant les enroulements. Dans le courant magnétisant de chaque transformateur, il y aura donc en particulier le troisième harmonique qui aura les expressions suivantes :

Pour la 1re phase : $I'_3 \ \mathrm{Sin}\ 3\,\omega\,t$

» 2e » : $I''_3 \ \mathrm{Sin}\ 3\left(\omega\,t - \frac{2\,\pi}{3}\right) = I''_3 \ \mathrm{Sin}\ 3\,\omega\,t$

» 3e » : $I'''_3 \ \mathrm{Sin}\ 3\left(\omega\,t - \frac{4\,\pi}{3}\right) = I'''_3 \ \mathrm{Sin}\ 3\,\omega\,t$

Ces harmoniques d'ordre 3 sont donc en phase dans les trois enroulements à la fois.

Dans le montage étoile-étoile, ces troisièmes harmoniques tendent à s'écouler au même moment à travers les trois transformateurs vers le point neutre de l'étoile des enroulements primaires, et ils s'écoulent réellement dans le sol par ce point neutre, si ce point neutre est mis à la terre. Si ce point neutre est au contraire isolé, aucun chemin ne leur est offert. Il en résulte que ces troisièmes harmoniques, ne pouvant pas apparaître dans les courants, apparaissent dans les voltages aux bornes des secondaires des transformateurs, et créent des différences de potentiel alternatives entre les trois fils de ligne et le point neutre (différences de potentiel qui ont la même phase pour les trois fils, et qui, par suite n'entrent pas en ligne de compte au point de

Digitized by Google

vue du voltage entre deux des fils de ligne). Dans un réseau monté ainsi en étoile, si, au delà des enroulements primaires des transformateurs de départ, un seul des points neutres est à le terre (par exemple

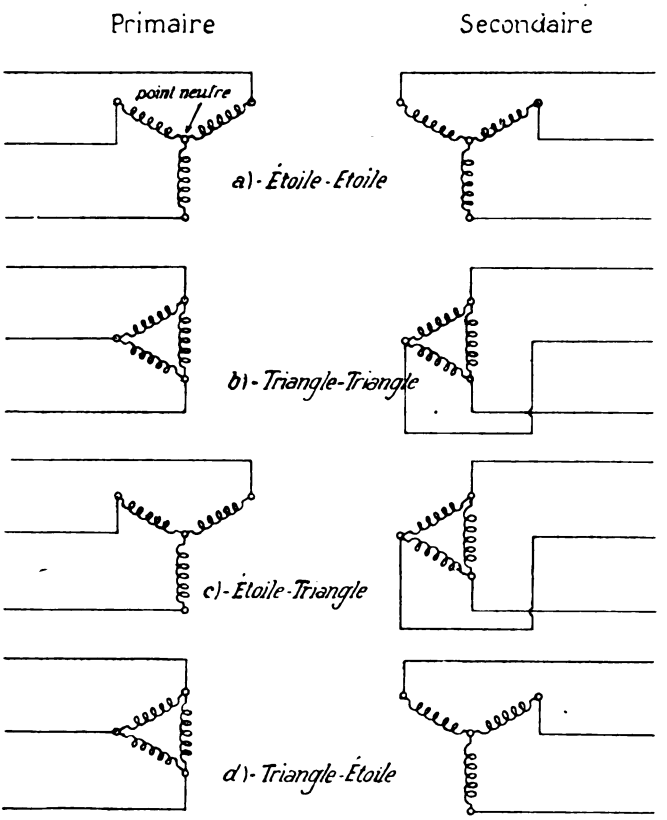



Fig. 34. — Différents modes de montage des enroulements des transformateurs d'un réseau triphasé.

le point neutre du montage des enroulements secondaires des transformateurs de départ est seul mis à la terre), ces voltages harmoniques de rang 3 entre la terre, et les trois fils de ligne donneront naissance à un courant de charge de fréquence triple de la fréquence fondamentale s'écoulant le long des trois fils de ligne en parallèle. La grandeur de ce courant dépendra des constantes électriques du réseau (en particulier, de la capacité entre les fils de ligne et la terre, des voltages entre ces fils et le sol et de la fréquence fondamentale du réseau).

Dans un réseau monté en étoile avec deux ou plusieurs points

Digitized by Google

neutres à la terre, un circuit électrique, fermé par la terre, s'offre aux troisièmes harmoniques qui sont engendrés dans les transformateurs placés sur les trois phases, au même poste de transformation, et qui sont en phase dans ces transformateurs. Il en résulte qu'un courant de fréquence triple de la fréquence fondamentale parcourt les trois fils de ligne, s'écoule vers la terre, par un des points neutres et revient par la terre au point neutre du poste de transformation de départ. Dans certains cas, ce courant peut avoir une amplitude importante; en tout cas, il est particulièrement gênant à cause de sa fréquence élevée et aussi à cause du fait qu'il emprunte la terre comme conducteur de retour.

Dans le montage triangle-triangle, les composantes d'ordre 3 du courant magnétisant dans les primaires des trois transformateurs placés sur les trois phases, sont en phase entre elles (comme nous l'avons vu précédemment), mais comme un circuit fermé leur est offert (à cause du montage en triangle des enroulements), ces courants peuvent s'écouler librement; il en résulte qu'aucun harmonique d'ordre 3 n'apparaît dans les voltages aux bornes des transformateurs. Les troisièmes harmoniques, introduits inévitablement par le fer des noyaux, piétinent pour ainsi dire sur place au poste de transformation et n'apparaissent pas en ligne.

Dans le montage étoile-triangle, il y a tendance à l'existence d'un troisième harmonique dans les enroulements primaires (montés en étoile) comme il a été expliqué précédemment. Il se peut que ces troisièmes harmoniques ne puissent s'écouler dans ces enroulements primaires (cas où le point neutre de l'étoile des enroulements primaires n'est pas à la terre), et alors ils doivent apparaître dans les voltages aussi bien aux bornes des primaires qu'aux bornes des secondaires (en proportion des nombres de tours). Ces voltages d'ordre 3, induits dans les enroulements secondaires, sont en phase entre eux, et comme ces enroulements secondaires sont raccordés de façon à former un circuit local fermé (triangle), un courant d'ordre 3 va parcourir ce circuit. Il en résultera une certaine purification du flux magnétique résultant, au point de vue de l'harmonique 3, par rapport à ce que ce flux aurait été dans le cas d'un montage étoile-étoile; en d'autres termes, on peut réduire considérablement le troisième harmonique des voltages aux bornes des primaires de transformateurs montés en étoile, en montant en triangle les enroulements secondaires. On obtiendrait le même résultat en mettant sur des transformateurs étoile-étoile des troisièmes enroulements montés en triangle.

*Montages spéciaux.* — En dehors des quatre montages classiques, décrits précédemment, qui tous les quatre sont symétriques, les trans-

Digitized by Google

formateurs branchés sur les phases d'un circuit triphasé peuvent être montés d'une façon dissymétrique, dans des cas spéciaux. En général, ces montages dissymétriques ont pour effet de faire circuler des harmoniques (et en particulier les troisièmes harmoniques) dans les fils de ligne (pris en série deux à deux). Il y a là une source de perturbations pour les circuits voisins, mais de perturbations moins graves que lorsque les harmoniques parcourent les fils de ligne en parallèle avec retour par le sol (cas des réseaux en étoile avec points neutres à la terre).

Les montages dissymétriques les plus connus sont :

*a*) Montage en T ou montage Scott, employé lorsqu'on veut alimenter un réseau triphasé avec deux transformateurs monophasés seulement, ou lorsqu'on veut convertir des courants triphasés en courants diphasés (ou inversement), fig. 35.

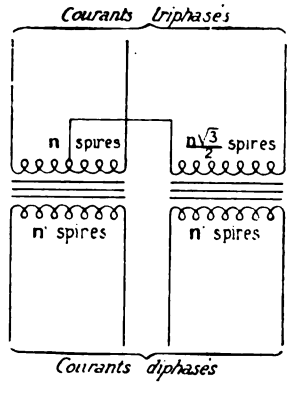



Fig. 35. — Montage en T ou montage Scott.

*b*) Montage en triangle ouvert, souvent utilisé dans des lignes de branchement où la charge est bien inférieure à la charge normale, pour laquelle ces lignes ont été établies, et où cette charge peut être supportée par deux transformateurs monophasés au lieu de trois.

3° Enfin, *certains récepteurs statiques* introduisent également des harmoniques dans les réseaux de courants alternatifs qui les alimentent : c'est par exemple le cas des arcs lumineux ou lampes à arcs alimentés en courant alternatif.

Un arc alimenté sous un voltage variable (par exemple un voltage alternatif) a la caractéristique suivante : sa résistance varie avec le voltage. Quand le voltage entre les bornes de cet arc croit à partir de zéro, aucun courant ne passe avant que le voltage d'allumage ne soit atteint. Si l'on fait croître le voltage au delà de cette valeur critique, la résistance de l'arc diminue rapidement; par suite, le courant augmente et augmente d'autant plus vite que le voltage continue lui-même à croître. Lorsque le voltage cesse de croître pour décroître, la résistance de l'arc augmente rapidement ; par suite, le courant diminue et diminue d'autant plus vite que le voltage continue lui-même à décroître. Ces variations de résistance produisent donc des changements très brusques, très rapides dans la courbe du courant. Comme ces changements se produisent à chaque demi-période, il s'ensuit que les ondes de courant et de voltage sur des lignes alimentant des arcs à



Digitized by Google

courant alternatif ont des formes très irrégulières et que de nombreux harmoniques, de grandeur importante, apparaissent toujours sur ces lignes.

D'autre part, lorsque plusieurs lampes à arcs sont montées en série (cas fréquent dans l'éclairage des villes), le conducteur de retour du courant se trouve parfois très éloigné du conducteur d'aller, de sorte que les effets inductifs de ces harmoniques dans les lignes téléphoniques voisines sont particulièrement gênants.

### II. — Réseaux de distribution de courant continu.

Dans ces réseaux, les harmoniques peuvent être dus, soit aux machines tournantes (dynamos, moteurs, ou commutatrices, dans le cas où le courant continu est fabriqué dans une sous-station au moyen de commutatrices), soit à des appareils statiques, tels que les redresseurs (en particulier les convertisseurs à vapeur de mercure).

En premier lieu, dans les machines tournantes fabriquant ou utilisant du courant continu, il se produit des harmoniques de denture comme dans les alternateurs. Ces harmoniques de denture sont dus aux mêmes causes que ceux des machines à courant alternatif. Une dynamo peut être en effet assimilée à un alternateur polyphasé ayant autant de phases qu'il y a de sections de l'induit raccordées au collecteur.

Si l'on reliait les différentes lames du collecteur d'une dynamo bipolaire respectivement à différentes bagues, isolées électriquement les unes des autres et montées sur l'arbre de l'induit, les différences de potentiel alternatives, que l'on observerait entre des frotteurs (frottant sur des bagues qui correspondent à des lames diamétralement opposées) seraient régulièrement polyphasées, et différeraient l'une de l'autre par des différences de phases égales à l'angle au centre sous-tendu par une lame du collecteur.

On aurait par exemple pour les expressions de ces différences de potentiel polyphasées :

$$V_1 = k\,\Phi_0\,\mathrm{Cos}\,\omega t$$
$$V_2 = k\,\Phi_0\,\mathrm{Cos}\,(\omega t - \beta)$$
$$V_3 = k\,\Phi_0\,\mathrm{Cos}\,(\omega t - 2\beta), \text{ etc.},$$

où $k$ désigne un facteur constant, $\Phi_0$ le flux magnétique inducteur sous le pôle, et $\beta$ l'angle au centre sous-tendu par une lame du collecteur. En l'absence d'harmoniques de toutes natures, c'est-à-dire en supposant que chaque section de l'induit de la dynamo fonctionne

Digitized by Google

comme un induit d'alternateur donnant une force électro-motrice purement sinusoïdale, ces différences de potentiel alternatives polyphasées pourraient être représentées par les sinusoïdales 1, 2, 3, etc. (fig. 36). Le rôle des balais est de cueillir le sommet de ces sinusoïdes au-dessus de la ligne $x\ y$ et de donner une tension à peu près constante (d'autant moins ondulée que la subdivision du collecteur est poussée plus loin).

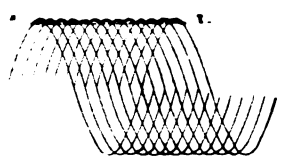


Fig. 36.— Assimilation d'une dynamo à un alternateur polyphasé.

Si, maintenant, nous supposons que l'induit est denté, des harmoniques de denture viendront se superposer à chacune de ces sinusoïdes et ces harmoniques apparaîtront également aux bornes de la dynamo.

Seulement, tandis que les harmoniques de denture apparaissaient toujours par paires dans les machines à courant alternatif (par exemple à la fois les harmoniques d'ordre 11 et 13), ici il n'y aura qu'un seul harmonique de denture dont la fréquence F sera rigoureusement égale au nombre de dents passant par un point fixe donné chaque seconde et cet harmonique aura une amplitude constante.

On le voit très facilement en remarquant, comme précédemment, que l'effet de la denture est de faire varier d'une façon brusque le flux magnétique inducteur chaque fois qu'une dent défile sous le pôle ; de sorte que les différences de potentiel alternatives polyphasées précédentes deviennent, dans le cas d'un induit denté :

$$V'_1 = k\ (\Phi_0 + \varphi\ \mathrm{Sin}\ 2\pi\ F\ t)\ \mathrm{Cos}\ \omega\ t$$
$$V'_2 = k\ (\Phi_0 + \varphi\ \mathrm{Sin}\ 2\pi\ F\ t)\ \mathrm{Cos}\ \omega\ t - \beta$$
$$V'_3 = k\ (\Phi_0 + \varphi\ \mathrm{Sin}\ 2\pi\ F\ t)\ \mathrm{Cos}\ \omega\ t - 2\beta)$$

avec $F = n.\ \frac{N.}{60}\ 2\ p$ = nombre total de dents passant par un poin fixe, en une seconde.

Les balais cueillent ces différences de potentiel au moment où elles sont maxima, c'est-à-dire cueillent :

$V'_1$ au temps $t = o$

$V'_2$ au temps $t = \frac{\beta}{\omega}$

$V'_3$ au temps $t = \frac{2\ \beta}{\omega}$, etc.

Les valeurs successives de la tension entre les balais sont donc données par l'expression générale

$$V = k\ \Phi_0 + k\ \varphi\ \mathrm{Sin}\ 2\pi\ F\ t$$

Digitized by Google

La denture superpose donc au voltage constant $k\,\Phi_0$ un harmonique $k\,\varphi$. Sin $2\,\omega\,F\,t$, d'amplitude constante et de fréquence F égale au nombre de dents passant par un point fixe chaque seconde.

En dehors de ces harmoniques de denture, le fonctionnement même du collecteur introduit un harmonique puisque les balais, en cueillant les sommes de courbes successives (plus ou moins sinusoïdales) donnent une tension qui n'est pas rigoureusement constante, mais légèrement ondulée (fig. 36). La fréquence de cette ondulation est égale au nombre de lames du collecteur qui passent par seconde sous les balais, c'est-à-dire au produit du nombre total de lames du collecteur par le nombre de tours effectués en une seconde par l'induit.

Le courant continu est souvent engendré par des appareils statiques, nommés redresseurs, qui transforment le courant alternatif en courant continu. C'est ainsi que des convertisseurs à vapeur de mercure sont utilisés parfois pour alimenter les trolleys de lignes de traction électrique fonctionnant par courant continu haute tension. En général, ces convertisseurs à vapeur de mercure sont branchés sur des réseaux de distribution de courants triphasés dont ils utilisent les alternances d'un seul signe (par exemple les alternances positives). Le courant qui s'écoule du côté « continu » du redresseur s'obtient donc en faisant la somme géométrique des ordonnées des parties positives des courbes représentant les courants dans les trois phases (côté alternatif).

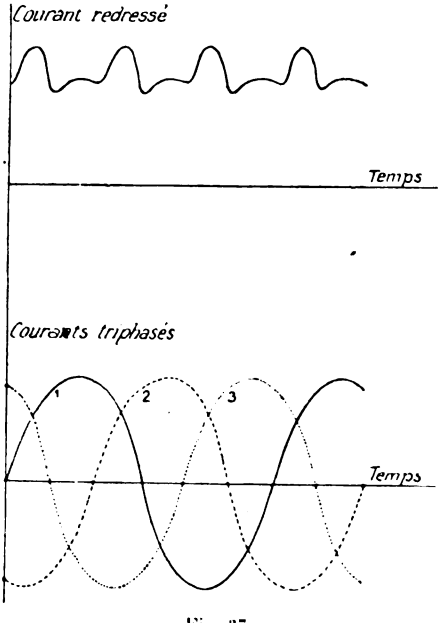


Fig. 37.

En effectuant cette opération (fig. 37) on constate qu'on obtient une tension ondulée qui comporte, en dehors du terme constant voulu, une composante alternative importante dont la fréquence est égale à six fois celle de la fréquence fondamentale des courants alternatifs alimentant le convertisseur.

Cette composante alternative a une forme encore plus compliquée

Digitized by Google

que sur la figure 37 tout à fait théorique, à cause des phénomènes particuliers que présentent les arcs (à chaque extinction ou à chaque allumage et dans chaque phase), phénomènes dont nous avons dit un mot précédemment au sujet des lampes à arc.

Il en résulte que les courants parcourant les lignes de traction alimentées au moyen de convertisseurs à vapeur de mercure présentent des séries d'oscillations de haute fréquence, très complexes et très gênantes pour les lignes téléphoniques voisines.

## Conclusion.

La coexistence dans une même région de lignes télégraphiques et téléphoniques et de lignes de distribution de force et de lumière électriques n'est possible que grâce à une collaboration étroite et constante des ingénieurs-électriciens et des ingénieurs des téléphones et des télégraphes. Cette vérité a été reconnue depuis longtemps aux États-Unis, où, grâce aux récents travaux des comités techniques mixtes, et notamment du « Joint Committee on inductive interference of State of California », on vient d'arriver à une réglementation satisfaisante de la protection des lignes à courants faibles contre les lignes à courants forts.

Il serait intéressant que le Comité d'Électricité français prît connaissance d'une manière très approfondie des travaux récents des techniciens américains, et élaborât, en vue du développement que ne manqueront pas de prendre après la guerre, d'une part, les réseaux télégraphique et téléphonique et, d'autre part, les réseaux de distribution et de traction électriques, une réglementation analogue à celle qui tend à être adoptée dans tous les États de l'Amérique.

Les solutions que les principaux problèmes de coexistence de lignes de natures différentes ont reçues aux États-Unis devraient être étudiées successivement, et en particulier celles des problèmes suivants :

1° Protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les lignes monophasées et polyphasées (en particulier triphasées) d'énergie électrique.

2° Protection des câbles télégraphiques et téléphoniques contre les réseaux de traction par courant continu (problème de l'électrolyse).

3° Protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les réseaux de traction par courant alternatif monophasé.

En ce qui concerne la protection contre les lignes triphasées, qui a fait l'objet de cette étude, les efforts des ingénieurs-électriciens et la collaboration entre ces ingénieurs et les ingénieurs des téléphones devrait porter surtout sur les points suivants :

Digitized by Google

*a*) Élimination des harmoniques des réseaux triphasés, surtout pour les réseaux nouveaux qu'on se propose d'établir ;

*b*) Limitation des courants et voltages résiduels en tous les points des sections de parallélisme ;

*c*) Coordination, dans ces sections, des transpositions de la ligne triphasée et des rotations des circuits téléphoniques.

---

# APPENDICE A

## DONNÉES CONCERNANT UN PARALLÉLISME ENTRE UNE LIGNE TÉLÉPHONIQUE ET UNE LIGNE D'ÉNERGIE.

### I. — Indications générales.

1. Emplacement du parallélisme : entre quelles villes ? nom de l'État ?
2. Longueur du parallélisme en milles :
3. Nom de la compagnie de distribution électrique :
4. Nombre de lignes d'énergie :
5. Le parallélisme existe-t-il déjà ou est-il proposé ?
6. Quel est le premier occupant ?

### II. — Indications concernant la ligne téléphonique.

1. Dans le cas où le parallélisme existe déjà, indiquer en détail la nature des troubles constatés :
2. Dans quels autres parallélismes la ligne téléphonique est-elle déjà engagée ?
3. Y a-t-il des perturbations dues à une induction secondaire ?
4. Décrire l'état d'entretien de la ligne téléphonique, dans combien de temps conviendra-t-il de la reconstruire ?
5. Valeur de l'isolement des circuits téléphoniques :

| Circuit N° | Isolement en megohms par mille | | | Valeur du bruit sur chaque circuit en °/₀ (1) |
|---|---|---|---|---|
| | 1er fil | 2e fil | Ensemble des deux fils | |
| | | | | |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| | | | | |

Digitized by Google

*Mesures du bruit sur les circuits téléphoniques.*

6 Quelle est la capacité maximum de la ligne téléphonique?
7. Quelle loi de rotation a été utilisée dans l'établissement de cette ligne?
8. Si quelques-uns des circuits sont pupinisés, indiquer l'emplacement des points de chargement (où se trouvent les bobines Pupin)?
9. Quel genre d'isolateurs possède la ligne téléphonique? Quel genre d'isolateurs y a-t-il aux points de chargement?
10. Indiquer si le matériel employé n'est pas un matériel standard et dans ce cas décrivez-le :
11. Indiquer l'emplacement des sections de câbles qui existent dans la section de parallélisme (traversées de rivières, traversées de tunnels). Donner la spécification des câbles utilisés :
12. Y a-t-il dans la section de parallélisme des circuits téléphoniques qui quittent l'artère générale et bifurquent latéralement?
13. Constitution des circuits téléphoniques intéressés :

| Affectation de ces circuits | Bifilaire ou quadrifilaire | Nature et diamètre du fil | Pupinisé ou non pupinisé | Nom des postes extrêmes |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| | | | | |

14. Décrire les méthodes spéciales de construction qui ont été employées aux points difficiles (traversées de rivières, etc.) :
15. Donner toute autre indication susceptible de présenter quelque intérêt :

---

(1) Le bruit sur chaque circuit est exprimé en % du bruit sur le circuit le plus bruyant.

Il existe des procédés assez précis pour la mesure des bruits, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer.

Digitized by Google

### III. — Indications concernant la ligne d'énergie.

1. Voltage sous lequel s'effectue le transport de l'énergie électrique voltage entre fils) :
2. Nombre phases. Fréquence, périodes par seconde.
3. Nom de la station centrale génératrice ou de la sous-station qui alimente la ligne :
4. La ligne fournit de l'énergie aux postes suivants :
5. Nature de la charge : moteurs, installations de lumière, etc.
6. Courant moyen par phase ampères :
7. Courant moyen, à l'heure la plus chargée du jour, ampères :
8. Heure à laquelle se produit la pointe de la courbe de charge :
9. Si les points neutres sont mis à la terre, y a-t-il de ampèremètres intercalés entre le sol et ces points neutres ?
10. Quelle est l'étendue de la graduation des ampèremètres ?
11. Sont-ils raccordés directement ou à travers des transformateurs d'intensité?
12. Donner le rapport de transformation de ces transformateurs :
13. Nature et diamètre des conducteurs de la ligne d'énergie :
14. Dans le cas où la ligne d'énergie existe déjà, indiquer son état d'entretien actuel ; dans combien de temps faudra-t-il la reconstruire?
15. Type d'isolateurs utilisé :
    Les ferrures d'isolateurs sont-elles mises à la terre?
16. Parafoudres :

| Emplacement | Genre | Montage | Fréquence de charge et heures de charge | Courant de charge en ampères par phase. |
|---|---|---|---|---|
| ..... ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

Quelle est la méthode employée pour la charge de ces parafoudres ?

17. Interrupteurs et disjoncteurs:

Digitized by Google

| Emplacement | Genre | Les pôles sont-ils mécaniquement solidaires et à action simultanée ? | Le fonctionnement est-il automatique ? |
|---|---|---|---|
| | | | |
| ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... |

18. Transformateurs :

| Emplacement | Nombre d'unités | Nom du fabricant | Puissance en kilovolt ampères. | Voltage normal | Monophasés ou triphasés. | Forme des noyaux de fer |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

19. Caractéristique des machines (générateurs, moteurs, convertisseurs) raccordées métalliquement à la ligne d'énergie ainsi que des générateurs de la station alimentant la ligne :

| Genre de machine | Emplacement | Nombre d'unités. | Nom du fabricant | Type | Puissance en kilovolt ampères. | Voltage normal | Nature du montage et des connections électriques. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |

20. Donner toute autre indication susceptible de présenter quelque intérêt :

Digitized by Google

# APPENDICE B

## EXEMPLE DE PARALLÉLISME ENTRE UNE LIGNE TÉLÉPHONIQUE ET UNE LIGNE TRIPHASÉE COMPLÈTEMENT ISOLÉE DU SOL

*Caractéristiques du réseau triphasé.* — 22.000 volts, 3 phases, 60 périodes. Les trois conducteurs de la ligne sont placés dans un même plan horizontal à des intervalles de 35 et 65 pouces. Dans les trois sous-stations raccordées à la ligne, les enroulements des transformateurs, aussi bien primaires que secondaires, sont montés en triangle. Il y a trois transpositions de la ligne d'énergie dans la section de parallélisme.

*Caractéristiques de la ligne téléphonique.*— Circuits téléphoniques interurbains ; dix circuits bifilaires (ou physiques) et quatre circuits quadrifilaires (ou fantômes). Tous ces circuits sont anti-inductés suivant la loi standard des rotations pour lignes non influencées.

*Caractéristiques du parallélisme.* — Longueur : 38.970 pieds ; distance entre les poteaux téléphoniques et les poteaux d'énergie, 50 pieds ; 5 croisements des deux lignes..

*Coordination des transpositions de la ligne triphasée et des rotations de la ligne téléphonique.* — Étant donné le nombre des points de discontinuité (croisements), le meilleur résultat est obtenu au moyen de sections X consécutives de courte longueur combinées avec une section de ligne anti-inductée suivant la loi des rotations des lignes exposées, conformément aux indications de la figure 38.

Jusqu'au point *b*, qui marque l'emplacement du premier croisement entre les deux lignes et en même temps l'origine du parallélisme, la ligne téléphonique est anti-inductée suivant la loi standard des rotations des lignes non-influencées (la dernière section *a b* de 6.940 pieds de long étant une section Y). Entre le croisement *b* et le croisement suivant *c*, la ligne téléphonique comprend deux sections X d'égales longueurs grâce auxquelles on réalise la neutralisation des voltages transversaux induits sur chacun des circuits téléphoniques le long de la section *b c*, aussi bien par les composantes équilibrées que par les composantes résiduelles des courants et des voltages de la ligne d'énergie. Entre le deuxième croisement *c* et le troisième croisement *d*, la ligne téléphonique comporte trois sections X dont deux sont d'égales

Digitized by Google

longueurs et sont situées entre la première transposition existante de la ligne triphasée et le croisement c ; une transposition supplémen-

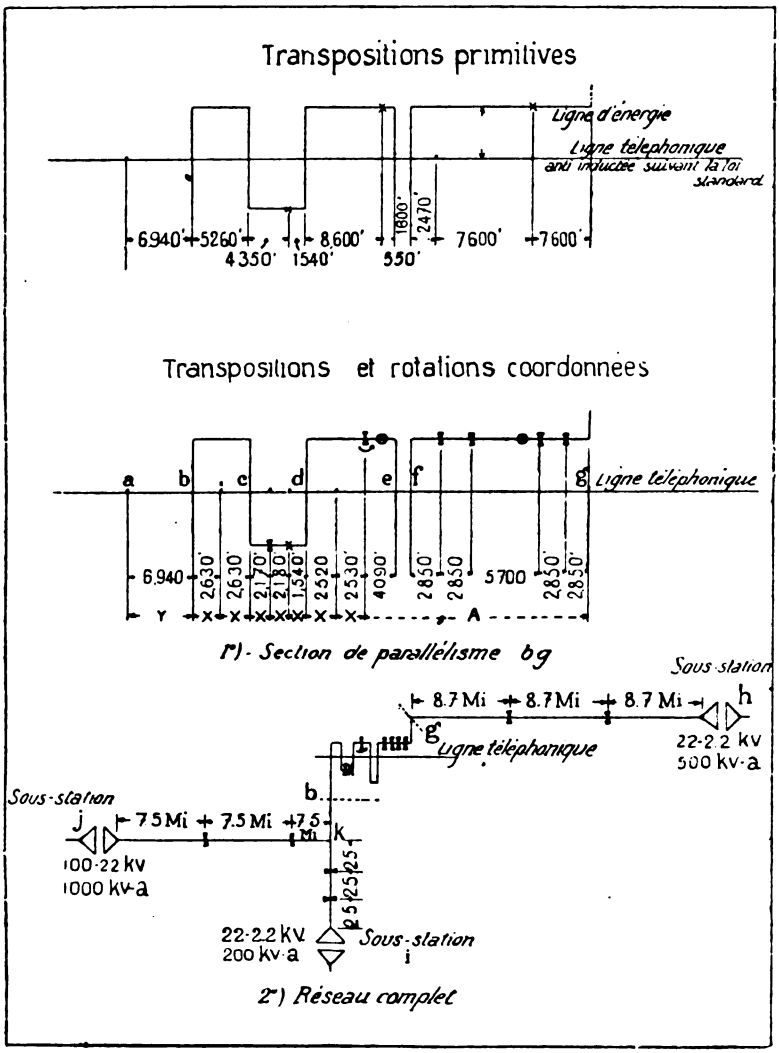



Fig. 38. — Exemple de parallélisme entre une ligne téléphonique et une ligne triphasée complètement isolée du sol.

taire est effectuée sur la ligne triphasée au niveau du point de jonction entre ces deux sections X ; cette transposition supplémentaire est représentée par deux triangles noirs opposés par le sommet sur la

Digitized by Google

fig. 38. Cet arrangement ne réalise qu'une neutralisation approximative des voltages longitudinaux induits entre les fils des circuits téléphoniques et la terre dans la section *c d* ; cette neutralisation aurait été rigoureuse si la première transposition de la ligne d'énergie se trouvait exactement au 1/3 de la distance *c d* ; on a donc ici légèrement sacrifié la neutralisation des voltages induits longitudinaux, afin de conserver une transposition existante de la ligne d'énergie.

Entre le croisement *d* et l'extrémité *g* du parallélisme la ligne téléphonique comporte deux sections X et une section désignée par la lettre A ; cette dernière section est anti-inductée suivant la loi des rotations des lignes exposées et a une longueur telle que le poteau situé aux 2/8 de cette section se trouve précisément en regard du croisement *f* entre les deux lignes. Une transposition est effectuée sur la ligne triphasée mais avec un sens de rotation inverse de celui des transpositions précédentes (ce qui est indiqué par une flèche sur la fig. 38) en regard du point de jonction entre la dernière section X et la section A anti-inductée suivant les méthodes des lignes exposées : de cette façon, les effets des sections X comprises respectivement dans les intervalles *b-c* et *d-e* se compensent au point de vue des voltages induits longitudinaux. La transposition existant sur la ligne triphasée entre les croisements *d*, *e* est supprimée, ce qui est représenté par un cercle dans la fig. 38 ; des transpositions supplémentaires générales sont effectuées sur la ligne téléphonique entre les points situés au premier 1/8 et au deuxième 1/8 de la section A afin de réduire le déséquilibre que produit au point de vue des voltages induits transversaux l'interruption du parallélisme entre les points *e*, *f* ; grâce à cet artifice une neutralisation satisfaisante des voltages induits transversaux a été obtenue dans la section *d e*.

Dans la section *f g*, des transpositions sont effectuées sur la ligne triphasée avec le sens de rotation normal en regard des points marquant le troisième 1/8, le quatrième 1/8, le sixième 1/8 et le septième 1/8 de cette section, ce qui permet d'obtenir une neutralisation satisfaisante de tous les voltages induits (longitudinaux et transversaux) dans cette section *f g*. Par contre, la transposition qui existait antérieurement sur la ligne triphasée dans cette section est supprimée.

Grâce à cette coordination des transpositions de la ligne triphasée et des rotations des circuits téléphoniques, les voltages transversaux et longitudinaux induits par les composantes équilibrées des courants et des voltages de la ligne d'énergie ainsi que les voltages transversaux induits par les composantes résiduelles des voltages et des courants de la ligne d'énergie sont neutralisés d'une façon satisfaisante.

*Limitation des résiduels.* — Étant donné qu'il s'agit ici d'un réseau

Digitized by Google

triphasé complètement isolé du sol, le moyen de réduire les résiduels consiste à transposer tout le réseau en dehors de la section de parallélisme afin d'équilibrer les capacités entre chacun des trois fils de la terre; dans cette section de parallélisme, les transpositions effectuées en vue de neutraliser les voltages induits réalisent du même coup l'équilibrage des capacités.

En dehors de la section de parallélisme le réseau triphasé comporte trois sections principale : l'une limitée au point $g$ et à la sous-station $h$, les deux autres limitées au point $a$ et respectivement aux sous-stations $i, j$. Sur chacune de ces trois sections deux transpositions sont effectuées dans le sens de rotation normal, afin d'obtenir une période complète de transposition sur chacune de ces sections ; ceci conduit donc finalement à effectuer en dehors de la section de parallélisme six transpositions sur le réseau triphasé, ce qui est évidemment un très petit nombre. Ces mesures seraient insuffisantes s'il y avait d'importants harmoniques sur ce réseau triphasé.

Le cas particulier que nous venons de décrire s'est présenté dans la pratique.

Digitized by Google

# LE SYNCHRONISME DANS L'APPAREIL MULTIPLEX

## employé par l'armée américaine

Par M. TOUPET
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

L'intéressant article de M. l'Ingénieur en chef Pomey, publié dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* de décembre 1917, donne une description d'ensemble de l'appareil multiplex de la Western Electric C°. Cet appareil offre avec le Baudot les plus grandes analogies.

Examiné dans ses détails, il présente au contraire des différences importantes. Le multiplex est en effet un appareil à composition préalable ; les messages sont préparés sur une bande perforée obtenue à l'aide d'une sorte de machine à écrire. A l'arrivée, les messages sont imprimés non sur une bande, mais sur la formule de réception elle-même.

Dans l'appareil Baudot, les deux distributeurs tournent à une vitesse déterminée, environ 180 tours par minute ; on ne la fait généralement varier que dans des limites très étroites et juste suffisantes pour établir le synchronisme.

Pour arriver à ce résultat, le poste correcteur envoie à chaque révolution des balais, deux émissions spéciales, positive et négative, entièrement distinctes des émissions servant à la formation des signaux.

Dans le cas où les deux distributeurs ne sont pas en synchronisme parfait ces émissions sont reçues au poste corrigé dans un électro spécial qui, en fonctionnant, met en jeu le mécanisme de correction destiné à rétablir le synchronisme.

Exception faite pour la partie mécanique de la correction, le procédé employé dans le multiplex est tout différent de celui du Baudot.

Digitized by Google

Le distributeur comprend une roue phonique dont les électros sont excités par un diapason.

Les vibrations du diapason sont entretenues électriquement. La figure 1 fait ressortir le principe de l'appareil.

Les électro-aimants A A et B B forment deux groupes mis respectivement en série. Ils constituent une sorte de stator de

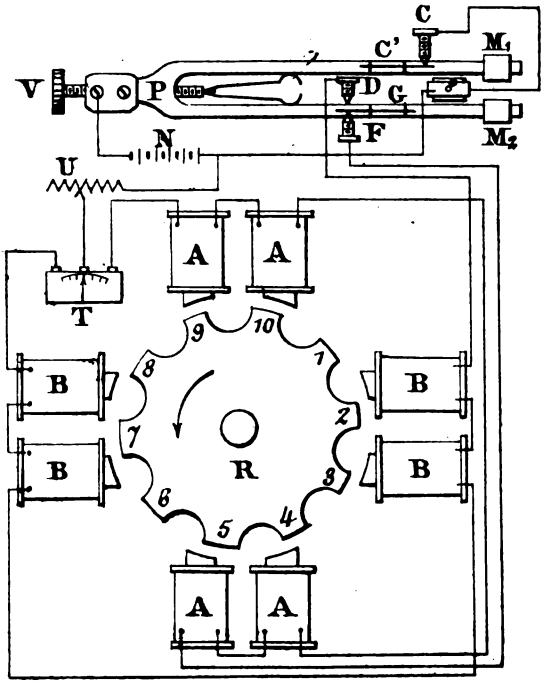



Fig. 1.

moteur. Le rotor est formé par un disque R en fer feuilleté portant sur sa périphérie une série de dix dents défilant au cours de la rotation en regard des pôles des électro-aimants.

Supposons que les groupes A A et B B d'électro-aimants soient alternativement excités un grand nombre de fois par seconde, et que le disque ait déjà reçu un certain mouvement de rotation. L'attraction des électros A A et B B sur les parties pleines du disque va donner naissance à un couple moteur, et la roue continuera à tourner. Elle prendra une vitesse qui

Digitized by Google

dépendra de la fréquence des impulsions communiquées par les électro-aimants, et du nombre de dents de la roue. Cette vitesse une fois atteinte se maintiendra uniforme si les impulsions ont elles-mêmes une fréquence uniforme. L'ensemble se comporte en quelque sorte comme un petit moteur synchrone.

Les impulsions dans les électro-aimants sont commandées, avons-nous dit, par un diapason dont les vibrations sont entretenues électriquement. Le schéma indique comment ce résultat est obtenu. Une bobine placée entre les branches du diapason P est intercalée dans le circuit de la batterie N. Le circuit est alternativement établi et rompu au contact de la vis réglable C et d'une lame flexible C′ solidaire de la branche supérieure du diapason. Les vibrations une fois amorcées se maintiendront indéfiniment, et le diapason vibrera à la fréquence qui lui est propre, laquelle est déterminée par la longueur de ses branches et par la valeur de masses réglables que portent leurs extrémités.

La branche inférieure du diapason porte une 2e lame flexible G, qui oscille entre deux vis réglables D et F, au contact desquelles elle vient successivement. Ainsi que l'indique le schéma, chacun de ces contacts se trouve intercalé dans le circuit de la batterie N et de chacun des groupes A A B B d'électro-aimants, qui se trouvent ainsi excités à la fréquence même des vibrations du diapason.

Les diapasons sont fabriqués avec beaucoup de soin ; ils sont constitués par de fortes lames de 0 m. 40 de longueur, et dont la section est un rectangle de 20 mm. sur 8 mm. Quand on ne touche pas aux masses $M_1$, $M_2$ leur taux de vibration est rigoureusement constant. On conçoit qu'à raison de la masse de l'organe mobile le moteur que commande le diapason tourne avec une vitesse uniforme. Un volant spécial, dont il sera dit quelques mots plus loin, permet de parer aux écarts accidentels de vitesse.

Le réglage de la vitesse s'obtient en agissant sur les masses $M_1$ $M_2$ qui peuvent être déplacées sur les branches du diapason, ou être remplacées par des masses de valeur différente. On voit facilement, sans qu'il soit nécessaire de donner plus de détails,

Digitized by Google

dans quel sens il faut agir pour augmenter ou pour diminuer la vitesse.

Pour parfaire un réglage et faire varier la vitesse dans de très faibles limites, on peut encore agir sur une vis V, qui permet de rapprocher ou d'éloigner de la base le point de contact de deux ressorts intérieurs qui portent contre les branches du diapason. Ce réglage peut se faire pendant que le diapason est en vibration.

On peut encore agir sur la vitesse, en marche, en manœuvrant le rhéostat U, établi dans le circuit des électro-aimants moteurs. On verra plus loin, en effet, que la fréquence des vibrations du diapason dépend de leur amplitude.

Les dispositifs qui précèdent permettent d'obtenir pour chacun des distributeurs un mouvement de rotation très uniforme. Reste à assurer un synchronisme aussi parfait que possible entre les distributeurs des deux stations correspondantes.

Les appareils n'étant pas spécialement construits pour une vitesse déterminée, mais étant susceptibles de fonctionner sous des vitesses très diverses comprises dans un champ très étendu, incluses environ entre 160 et 290 révolutions par minute, le premier soin des postes correspondants doit être de déterminer la vitesse à laquelle ils conviennent de marcher. On tient compte, pour la détermination de cette vitesse, des constantes du fil, de son état particulier et du trafic à écouler. Cette vitesse étant déterminée et fixée par exemple, à 250 tours par minute, chacun des deux postes règle son appareil en conséquence en faisant varier la distance des masses $M_1$ $M_2$ aux extrémités des lames vibrantes, et, si besoin est, en changeant les masses elles-mêmes.

Il va sans dire que le réglage doit être fait de telle sorte que les masses soient identiques et se trouvent, sur chaque lame du diapason, à la même distance des extrémités. On compte les révolutions à l'aide d'une montre à secondes, en appuyant le doigt sur les extrémités des poinçons du transmetteur automatique qui sont rappelés à chaque révolution des balais. On fait porter le décompte sur une période d'une minute au moins.



Digitized by Google

Comme dans le Baudot, le distributeur du poste corrigé doit avoir une vitesse très légèrement supérieure à celle du poste correcteur. Si les postes ont décidé de marcher à 250 tours, le poste correcteur réglera son appareil pour 250 tours, et le poste corrigé pour 250 tours et demi par exemple.

Pour faciliter ce premier réglage on a établi des diagrammes donnant sur l'axe des $y$, pour une valeur déterminée de la masse, les distances de cette masse à l'extrémité de la lame vibrante correspondant au nombre de vibrations figurées sur l'axe des $x$.

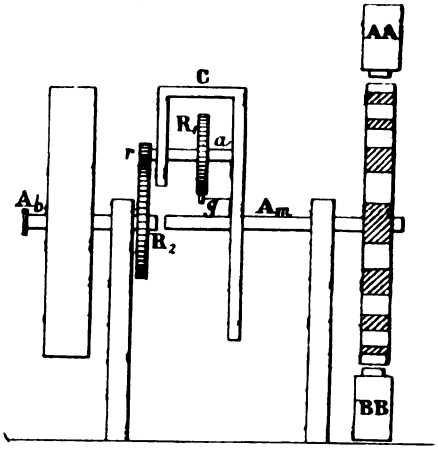



Fig. 2.

Avant de voir comment fonctionne le mécanisme de la correction, disons quelques mots de ce mécanisme.

L'arbre du moteur est relié à l'axe porteur des balais par un système d'engrenages présentant de grandes analogies de principe avec celui du Baudot.

La figure 2 donne quelques détails à ce sujet. Sur l'arbre A$m$ du moteur est fixé un cadre C pouvant tourner avec lui. Ce cadre sert de support :

1° A un axe $a$ sur lequel sont calés une roue dentée $R_1$ et un pignon $r$.

2° Un électro-aimant.

3° Un ressort $g$ terminé par un galet pouvant s'engager entre deux dents de la roue $R_1$.

L'axe A$b$ sur lequel sont fixés les bras porte-balais porte en outre une roue dentée $R_2$ pouvant engrener avec le pignon $r$ faisant partie du système moteur. On conçoit facilement que la liaison entre les deux systèmes « entraîneur » et « entraîné » est assurée par le galet $g$.

Digitized by Google

Si le galet n'existait pas, le pignon $r$ et tout le système dont il est solidaire tournerait en satellite autour de la roue $R_2$ calée sur l'arbre $Ab$ qui, lui, resterait fixe.

Si au contraire, un obstacle empêche le pignon $r$ de tourner, il entraînera la roue $R_2$ et les deux axes $Am$, $Ab$ du moteur et des bras porte-balais seront solidaires et tourneront avec la même vitesse. Le galet $g$ joue le rôle d'obstacle et établit ainsi l'embrayage des deux axes.

On conçoit d'autre part que si une cause quelconque agit sur la roue dentée $R_1$, le galet $g$ pourra sauter d'une ou de plusieurs dents ; il en résultera un décalage dans les positions relatives des deux axes qui se trouveront ensuite solidairement reliés et continueront à tourner comme s'ils étaient d'une seule pièce.

L'électro-aimant E (fig. 3) porte une armature A sur laquelle est articulé un cliquet $C_1$ en prise avec la roue $R_1$. Lorsque l'armature est attirée, le cliquet obligera la roue $R_1$ à tourner de la valeur d'une dent. Le galet $g$ sautera dans l'intervalle de deux dents immédiatement voisin.

En résumé, on peut dire que chaque fois que l'électro-aimant E sera actionné, l'axe $Ab$ des bras porte-balais se trouvera légèrement décalé par rapport à l'axe $Am$ du moteur. La disposition de l'appareil est telle que ce décalage ait lieu en sens inverse du mouvement général et provoque par suite un retard dans la marche des bras porte-balais du poste corrigé dont la vitesse, ainsi qu'il a été dit plus haut, a été réglée de façon à être légèrement plus grande que celle des mêmes organes du poste correcteur. Reste à voir par quel procédé l'électro-aimant E est actionné ; c'est là la partie la plus originale du système.

Au poste corrigé les émissions venant de la ligne sont reçues dans un relais spécial N, dont il sera dit quelques mots plus bas, et dont l'armature commande deux autres relais polarisés, mis en série $N_1$ et $N_2$. L'un de ces deux derniers, le seul qui nous intéresse pour le moment, $N_2$, est le relais de correction. Ce relais, réglé à l'indifférence, peut se porter à droite ou à gauche suivant la nature de l'émission et reproduit en somme les émissions extérieures. Le butoir de droite est relié à une batterie, celui de gauche est neutre.

Digitized by Google

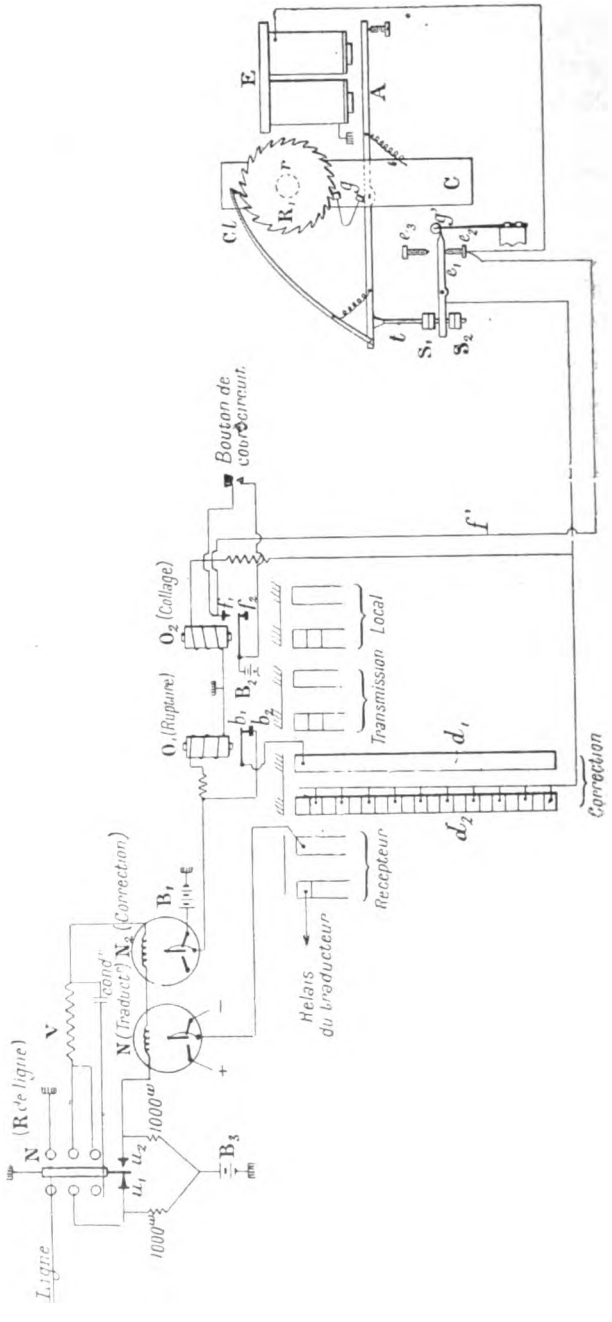



Fig. 3,

Digitized by Google

Deux couronnes spéciales, conjuguées par une paire de balais, sont affectées à la correction. L'une d'elles $d_1$ est pleine ; l'autre $d_2$ est segmentée en 20 contacts. Les contacts d'ordre impair, par exemple, sont réunis électriquement ensemble ; ceux d'ordre pair sont isolés.

Un second relais $O_1$ est commandé par l'armature du relais correcteur $N_2$.

L'armature $b_1$ de ce second relais $O_1$ communique avec la couronne pleine $d_1$. Les contacts impairs de la couronne segmentée communiquent par le fil $f$ et par l'intermédiaire du contact $e_1$ et $e_2$ avec l'électro correcteur E dont la sortie est reliée à la terre. Le relais $O_1$ est réglé pour fonctionner assez lentement.

Laissant de côté pour l'instant le fonctionnement des organes accessoires, le jeu de la correction est facile à saisir. Une émission extérieure de signe donné actionne le circuit local du relais de correction dont l'armature se porte à droite, et restera à droite pendant toute la durée de l'émission de même signe. La batterie $B_1$ du relais de correction se ferme au travers du relais de rupture $O_1$ dont l'armature un peu paresseuse est attirée. Mais une dérivation existe entre l'entrée du relais $O_1$ et la vis butoir de repos $b_2$ de l'armature $b_1$. Donc, tant que le contact $b_1$, $b_2$ ne sera pas rompu, la batterie $B_1$ sera mise sur les couronnes de correction $d_1$, $d_2$.

Deux cas sont à considérer :

*a*) Pendant le court intervalle de temps de la rupture du contact $b_1$, $b_2$ ; la paire de balais qui établit la liaison entre la couronne pleine et la couronne segmentée touche un contact isolé de la série paire : la batterie reste isolée.

*b*) La paire de balais vient au contact d'un des segments impairs ; le circuit de la batterie se ferme alors par le conducteur $f$, le contact $e_1$, $e_2$ que nous supposons établi et l'électro-correcteur E. A l'inverse du relais de rupture $O_1$, le relais de l'électro-correcteur est à fonctionnement rapide. Il est actionné ; son armature est attirée et met en jeu le mécanisme de correction qui opère comme il a été dit plus haut.

La correction fonctionnera donc toutes les fois :

Digitized by Google

1° Qu'une émission ou une série successive d'émissions venant de la ligne auront le sens convenable pour porter à droite l'armature du relais de correction $N_2$.

2° Lorsqu'au moment précis du fonctionnement de ce relais et du rappel de l'armature $b_1$ du relais de rupture $O_1$, les balais passeront sur l'un quelconque des contacts de la série impaire.

Supposons par exemple qu'une émission de sens + soit nécessaire pour porter à droite l'armature du relais de correction $N_2$ ; au commencement de toute émission + c'est-à-dire à tout passage d'une émission — à une émission +, la correction sera susceptible de fonctionner si à ce moment les balais franchissent un contact impair. Les émissions++... successives ne produiront aucun résultat puisque l'armature $b_1$ du relais de rupture est attirée.

Le passage du + au — ne produira aucun effet puisqu'à ce moment l'armature du relais de correction $N_2$ est rappelée vers la gauche et coupe la batterie.

La correction sera *susceptible* de fonctionner toutes les fois qu'au cours de la transmission, les signaux de transmission offriront l'occasion du passage d'une émission — à une émission +. Ces occasions peuvent être fréquentes au cours d'une révolution. La correction « battra » chaque fois qu'à l'une quelconque de ces occasions les balais se trouveront sur les contacts impairs. Il arrivera donc un moment où, par suite des décalages successifs produits par le fonctionnement du mécanisme correcteur, les balais seront conduits sur les contacts neutres. La correction battra de nouveau quand l'avance naturelle du poste corrigé les amènera encore sur les contacts impairs et ainsi de suite.

En réalité le fonctionnement de la correction est un peu plus compliqué qu'il vient d'être dit. Le courant n'est lancé dans l'électro-correcteur au maximum que pendant le temps excessivement court de la rupture du contact $b_1$ $b_2$ de l'armature du relais de rupture $O_1$. Ce délai peut encore être réduit si les balais ne couvrent, pendant la durée du contact $b_1$ $b_2$, qu'une très faible partie du segment impair.

Digitized by Google

Il faut en conséquence prolonger l'action de l'émission lancée par l'intermédiaire des segments impairs dans l'électro-correcteur.

D'autre part, le mécanisme correcteur mettant un temps appréciable pour franchir tous les stades de son fonctionnement, il faut que ce fonctionnement ne soit pas gêné par l'arrivée intempestive d'une nouvelle émission dans l'électro-correcteur tant que le précédent cycle de correction n'aura pas été terminé.

Ces divers résultats sont obtenus comme suit :

Un relais représenté sur la figure 3 par $O_2$ et que nous appellerons, improprement peut-être, relais de collage, est établi en dérivation sur le fil $f$ qui aboutit au contact $e_1$ $e_2$ et à l'électro-correcteur E. Son armature $f_1$ est reliée à une batterie $B_2$. De même que l'électro-correcteur, et à l'inverse du relais de rupture $O_1$, le relais de collage est à fonctionnement très rapide. L'émission très courte lancée dans l'électro-correcteur, traversera également ce relais $O_2$ qui fonctionnera. Le butoir de travail $f_2$ de l'armature est relié par le fil $f'$ à la vis inférieure $e_2$ du contact $e_1$ $e_2$, à l'électro-correcteur et à la terre. Il en résulte que le courant de la batterie $B_2$ se substituera à celui de la batterie $B_1$ qui avait déclenché le fonctionnement du relais de collage et que l'électro-correcteur sera actionné tant que le circuit n'aura pas été rompu au contact $e_1$ $e_2$. La première fonction indiquée plus haut est ainsi remplie.

La deuxième fonction, bloquage de l'électro-correcteur pendant la durée totale du fonctionnement du mécanisme correcteur, est assurée mécaniquement.

L'armature de l'électro-correcteur est pourvue d'une tige $t$ terminée par deux paires d'écrous $S_1$ $S_2$ placés de part et d'autre du levier $e_1$. Ce levier, qui pivote en son milieu peut, ou s'appuyer sur le butoir inférieur $e_2$ qui le relie à l'électro-correcteur (le contact du levier et de ce butoir inférieur est celui dont il a été question plus haut), ou venir au contact du butoir supérieur $e_3$ qui est neutre et sert simplement à limiter sa course. Le levier est maintenu dans l'une ou l'autre de ces deux positions par un galet $g'$, qui appuie contre son extrémité terminée en

Digitized by Google

biseau. Les écrous ne sont pas serrés contre le levier, mais en sont au contraire séparés par un espace tel que, pour venir au contact du levier, il est nécessaire que l'armature ait déjà parcouru une fraction appréciable de sa course totale.

Supposons maintenant qu'une émission susceptible de provoquer la correction soit lancée dans l'électro-correcteur. Le relais de collage $O_2$ va fonctionner tant que le contact $e_1$ $e_2$ du levier et de la vis inférieure sera établi, c'est-à-dire, tant que l'armature, en se soulevant, n'aura pas amené les écrous supérieurs $s_1$ contre le levier, provoquant ainsi son déclenchement et son passage au-dessus du galet $g'$. Le réglage doit être fait de telle sorte que cet intervalle de temps soit suffisant pour actionner convenablement l'électro-correcteur. Lorsque le contact $e_1$ $e_2$ est rompu, le relais de collage et l'électro-correcteur reviennent au repos. L'armature redescend, mais le levier $e_1$ ne sera ramené à sa position de repos, qui est la position inférieure, que lorsque les écrous inférieurs $s_2$ seront venus buter contre lui et l'auront contraint à passer au-dessous du galet $g'$, rétablissant ainsi le contact $e_1$ $e_2$. Pendant ce laps de temps, toutes les fonctions mécaniques de la correction se sont accomplies et l'électro est prêt à recevoir une nouvelle impulsion.

Ce qui vient d'être dit permet de comprendre comment le synchronisme, une fois établi, peut se maintenir indéfiniment si l'électro-correcteur reçoit un nombre suffisant d'impulsions. Nous avons dit aussi que ces impulsions se produisent lorsqu'au cours de la manipulation, des émissions + se succèdent à des émissions —. Si aucune précaution n'était prise, il résulterait que lorsqu'aucun des transmetteurs ne fonctionne, il n'y aurait pas de correction possible et le synchronisme serait appelé à disparaître à bref délai. On a tourné cette difficulté en changeant, sur les secteurs successifs de transmission, le sens des courants de travail et de repos. Si un secteur travaille en — et est au repos en +, le suivant travaillera avec + et sera sur repos en —. Chaque passage de — au + se produira ainsi automatiquement, et la correction continuera à jouer lors même qu'aucun transmetteur ne fonctionnerait.

Digitized by Google

Une autre précaution est à prendre ; il ne suffit pas que les deux distributeurs tournent en synchronisme, il faut encore qu'ils soient en phase, c'est-à-dire que le segment n° 1 de la couronne de transmission au départ soit en relation avec le segment n° 1 de la couronne de réception à l'arrivée. Dans le Baudot, cette mise en phase s'effectue d'elle-même puisqu'il n'y a qu'une seule émission de correction par révolution, et que la position du contact mobile de l'électro-correcteur, au poste corrigé, est telle qu'une fois le synchronisme établi, la correspondance des contacts se trouve de ce fait même assurée. Dans le multiplex, le nombre des émissions correctrices étant variable et inégalement espacées au cours d'une révolution, la mise en phase ne serait pas forcément une conséquence de l'établissement du synchronisme tel qu'il a été décrit. On tourne encore la difficulté, de la façon suivante :

Au poste correcteur, un commutateur que l'on ne manœuvre qu'au moment de la mise en route de l'installation, met tous les contacts de transmission sauf un sur la batterie —. Un seul contact est mis sur la batterie +. Supposons que ce soit le contact n° 1. Au poste corrigé, un commutateur rompra la communication avec l'électro-correcteur de tous les contacts de rang impair, et ne laissera subsister que la communication avec l'électro-correcteur du contact n° 1 qui correspond au contact n° 1 de la couronne de réception. L'installation est mise en marche ; lorsque le synchronisme sera établi et que la correction fonctionnera, la mise en phase sera réalisée ; on mettra alors au repos les deux commutateurs, et la correction fonctionnera ensuite dans ses conditions normales, à chaque occasion du passage d'une émission — à une émission +, quelle que soit la position des balais sur les couronnes des distributeurs à ce moment-là.

Ajoutons que pour faciliter et activer la mise en phase, on a établi une clé permettant de court-circuiter à volonté le contact du relais de collage $O_2$ et de faire jouer artificiellement le mécanisme correcteur. Dans notre exemple précédent, si au moment de la mise en phase les balais étaient relativement éloignés du

Digitized by Google

contact n° 1 qui communique avec l'électro-correcteur, on ferait jouer artificiellement la correction jusqu'à ce qu'elle fonctionne automatiquement.

*Volant du moteur.* — La courte description qui a été donnée du moteur permet de se rendre compte que le couple moteur ne peut pas être constant à tout instant de la rotation, mais qu'en tout cas il prend des valeurs périodiques. L'addition d'un volant est donc nécessaire.

Le volant est formé de deux parties. La première, fixe et clavetée sur l'axe du moteur, est creuse et contient une certaine quantité de mercure. La seconde, assez massive par elle-même, est pressée contre la première par un assemblage à frottement dur constitué par une rondelle de feutre et des ressorts dont on peut régler la tension.

*Description sommaire de quelques organes supplémentaires nécessaires au maintien du synchronisme.*

L'uniformité du mouvement vibratoire du diapason ainsi que celle du mouvement de rotation du moteur dépendent, en plus des facteurs déjà cités, de la qualité des contacts réglables C, D, F (fig. 1) du diapason. On ménage au repos, entre la vis C et la lame du diapason, un intervalle de près d'un dixième de millimètre. Cet intervalle est suffisant pour rompre le circuit de la bobine excitatrice quand le diapason ne vibre pas.

Le réglage des contacts D et F est plus important encore. Il faut que les durées successives d'établissement de ces deux contacts soient rigoureusement égales, si l'on veut que les deux groupes d'électro-aimants agissent d'une manière identique sur le rotor du moteur. Un réglage défectueux de ces vis contacts se traduit par des à-coups que la présence du volant ne suffit pas toujours à faire disparaître.

Pour faciliter ce réglage, on a installé sur chacun des fils constituant le retour de chaque groupe d'électros AA BB à la batterie, un enroulement d'un milliampèremètre différentiel T. Le diapason étant en vibration, si les impulsions émises dans

Digitized by Google

chaque groupe d'électro-aimants sont bien égales, l'aiguille du milliampèremètre reste au zéro. Si elle dévie, le sens de la déviation indique quel est le contact qu'il faut augmenter ou diminuer. Un bon réglage consiste à donner à ces contacts une valeur commune de 3 dixièmes de millimètre.

La figure 1 montre sur le retour commun des deux groupes d'électros AA BB un rhéostast U. Ce rhéostat permet de régler le courant dans les électros, et d'agir en marche, dans une certaine mesure, sur la vitesse du moteur. Le réglage devra être tel que l'étincelle aux contacts D et F reste toujours très faible.

*Détail complémentaire sur le fonctionnement du relais de correction.*

Le relais de correction fait partie d'un groupe de trois relais dont le montage est indiqué sur la figure 3. Le relais N, qui est le relais de ligne, comporte trois enroulements. Son armature actionne deux relais polarisés $N_1$ et $N_2$ en série dont l'un $N_1$ actionne les systèmes imprimeurs, l'autre $N_2$ le système correcteur.

Le premier enroulement du relais de ligne communique avec la ligne et avec la terre. Le deuxième enroulement, appelé enroulement d'opposition, est placé en série avec une résistance et les deux relais $N_1$ et $N_2$. Il est destiné à être traversé par un courant local de sens inverse à celui qui traverse l'enroulement de ligne, mais d'intensité plus faible que celui-ci.

Le troisième enroulement, appelé enroulement accélérateur, a pour but de rendre plus rapide les mouvements de l'armature du relais de ligne, grâce au jeu du condensateur en série avec lui.

Le fonctionnement est le suivant.

Supposons que le courant de ligne, en traversant le premier enroulement, attire sur la gauche l'armature du relais de ligne ; admettons qu'il s'agisse d'une émission positive. Le courant de la batterie locale $B_3$ traversera les relais polarisés $N_1$ et $N_2$ en série, la résistance V, l'enroulement d'opposition, et ira à la terre par le contact $u_1$ et l'armature. L'enroulement d'opposi-

Digitized by Google

tion est parcouru par un courant de sens contraire à celui qui traverse l'enroulement principal, mais son intensité est notablement inférieure à celle du courant de ligne. L'armature reste donc sur son butoir de gauche $u_1$.

Les armatures des deux relais polarisés se porteront, sous l'action du courant local, sur la gauche par exemple qui, pour fixer les idées, sera, pour le relais d'impression, le butoir de repos, et pour le relais de correction, le butoir neutre.

Si le sens du courant sur la ligne vient à changer et que la nouvelle émission reçue soit négative, l'armature du relais de ligne se portera à droite sur le contact $u_2$, le courant local de la batterie traversera l'enroulement d'opposition, la résistance R, les deux relais $N_1$ et $N_2$, et ira à la terre par le contact $u_2$ de droite et l'armature du relais de ligne. Le sens du courant dans la bobine d'opposition et dans les deux relais $N_1$ et $N_2$ est encore inverse à celui du courant dans l'enroulement principal. Les armatures de ces deux derniers relais vont donc se porter cette fois vers la droite, et appuieront sur le butoir de travail, en ce qui concerne le relais d'impression ; sur le contact relié à la batterie de correction, en ce qui concerne le relais de correction. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, c'est au moment où l'armature du relais de correction se porte sur le butoir relié à la batterie que la correction sera susceptible de se produire.

A noter que l'armature soit à droite ou à gauche, la batterie locale est dans les deux cas en communication directe avec la terre par l'armature. On a intercalé une résistance de 1000 ω de chaque côté pour parer à cet inconvénient.

Ce relais de ligne est, paraît-il, à action très rapide. On remarquera que les butoirs du relais de ligne ont la même polarité. On peut donner à l'armature un jeu aussi faible que l'on voudra sans craindre la mise en court-circuit de la batterie, ou sans courir le risque d'étincelles ou d'amorçage d'arc.

Digitized by Google

# Communication Baudot quadruple Paris-Londres

par M. MERCY,
Commis principal au Poste Central Télégraphique de Paris

L'importance des phénomènes de condensation électrique, sur les câbles anglo-français du Havre et de Dieppe, n'avait pas permis jusqu'à ces derniers temps d'assurer des communications Baudot quadruples simplex entre Paris et Londres par l'une ou l'autre de ces voies.

Une solution de la question consistait à ménager une mise à la terre du câble après chaque émission, de façon à hâter la décharge du conducteur. Mais ce système, utilisé entre le Havre et Londres seulement, ne paraît pas avoir donné toute satisfaction; le quadruple Baudot avec décharge a d'ailleurs été remplacé, il y a quelques mois, par un Baudot double duplex.

La dernière solution, présentée par l'office anglais, consiste dans l'emploi d'une translation différentielle (translation duplex ordinaire du type anglais) intercalée entre le câble et la ligne aérienne française, soit au Havre, soit à Dieppe. C'est en somme l'application du dispositif signalé dans les *Annales* (Mars 1917, page 144), et dont le Service d'Études a fait une première adaptation, en septembre 1917, à Modane, sur les communications Baudot franco-italiennes (*Annales P. T. T.*, décembre 1917, p. 636).

Les stations extrêmes possèdent chacune un Baudot quadruple sans aucun dispositif spécial et l'exploitation se fait en simplex suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire deux transmissions dans chaque sens pendant une révolution des balais du distributeur. En outre l'un ou l'autre des bureaux correspondants a la

Digitized by Google

faculté de transmettre, le cas échéant, par trois secteurs sans manœuvre spéciale au poste intermédiaire.

Une expérience poursuivie pendant plusieurs mois permet de constater que le réglage de l'équilibre du dispositif différentiel à la station translatrice est très facile à obtenir, qu'il est stable et que le fonctionnement de la communication est de tous points excellent.

Digitized by Google

# ESSAIS DE LIGNES DANS LES BUREAUX

## de moyenne et de petite importance

par M. POIRIER,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Pour répondre aux besoins de l'exploitation, l'administration a pourvu les bureaux principaux d'installations d'essais qui permettent, au moyen de quelques manœuvres simples, de connaître immédiatement et avec une précision suffisante, l'état électrique des conducteurs.

D'une façon générale, il existe une installation de ce genre dans tous les bureaux chefs-lieux d'arrondissement. On peut par suite, de ce poste, procéder, de proche en proche, à l'essai de tous les conducteurs de l'arrondissement. Mais à distance, surtout pour les lignes des sous-satellites, les essais ne sont pas pratiques et, en fait, n'ont jamais lieu. Il résulte de cet état de choses que les circuits interurbains et les lignes d'abonnés reliés à des postes centraux de moyenne et de petite importance ne sont soumis à aucune surveillance.

Les défauts qui affectent ces conducteurs peuvent cependant être décelés avec la plus grande facilité, au moyen du voltmètre dont ils sont munis, par les ouvriers monteurs et les inspecteurs de l'ordre électrique. Ceux-ci, à leur passage dans les bureaux dont il s'agit, après avoir procédé à la mesure des piles et à la vérification des installations, ont été amenés par la force des choses à rechercher, autrement que par l'audition, l'état dans lequel se trouvaient les lignes dont ils avaient la charge. De là à utiliser leur appareil de poche, il n'y avait qu'un pas que la plupart d'entre eux ont certainement franchi.

Il y aurait cependant intérêt à faire connaître à tous ceux que

Digitized by Google

les essais peuvent intéresser ce moyen facile et pratique de vérification des lignes.

Le montage en station d'essai est des plus simples. A part le voltmètre, il suffit d'avoir deux fiches préparées comme il est indiqué ci-après, et dans certains cas, un bout de câble d'appartement.

*a*) une première fiche dont la tête est reliée au conducteur d'un câble d'appartement de 2 m. environ de longueur, le corps étant isolé ;

*b*) une deuxième fiche dont les deux parties sont reliées au conducteur d'un câble de même longueur ;

*c*) une longueur de 2 m. environ de câble d'appartement pour allonger, si utile, les cordons des fiches.

La pile employée étant l'une de celles du bureau, on peut procéder à tous les essais prescrits par l'instruction 500-77.

1° Résistance électrique d'un fil télégraphique simple ou bifurqué ou d'un circuit téléphonique au moyen de la formule :

$$x = \frac{R\,(E - e)}{e}$$

dans laquelle R représente la résistance du voltmètre lorsque le bouton supérieur est poussé vers la gauche.

On emploie un élément de pile et le voltmètre seul pour les fils télégraphiques, le voltmètre et la première fiche pour les lignes bifilaires, le circuit électrique étant fermé par un fil volant amené au contact de l'arrière de la fiche.

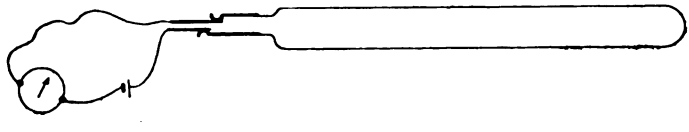


Fig. 1.

Les mesures de résistance avec ce procédé ne peuvent être très précises; elles sont cependant suffisantes pour de simples essais.

2° Résistance d'isolement des fils télégraphiques simples ou bifurqués et des circuits téléphoniques.

Digitized by Google

La détermination de la valeur de l'isolement des conducteurs, qui présente un réel intérêt au point de vue de l'exploitation, peut se faire d'un seul coup d'œil, les essais étant surtout qualitatifs.

On peut d'ailleurs effectuer le calcul au moyen de la même formule que précédemment dans laquelle R représente, cette fois-ci, la résistance du voltmètre lorsque le bouton supérieur est poussé à droite.

On utilise, suivant le cas, la pile télégraphique normalement à la terre ou la pile téléphonique reliée au fil de terre, le voltmètre et l'une des fiches de façon à réaliser les montages suivants :

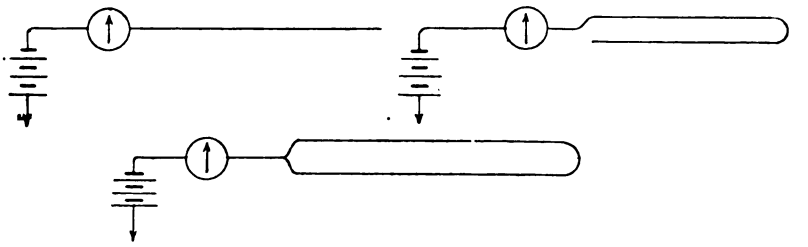


Fig. 2.

Dans la plupart des bureaux, on peut procéder aux mêmes essais sans fiches préparées à cet effet. On opère comme suit :

1° Pour les lignes reliées aux tableaux du type jack knife, on utilise le cordon à deux fiches, l'une de celles-ci étant enfoncée dans le conjoncteur de la ligne à essayer et l'autre étant, par l'un de ses conducteurs ou par les deux, en liaison avec la borne convenable du voltmètre.

2° Pour les lignes reliées à un tableau standard, on enfonce une fiche de l'un des cordons du tableau dans le jack de la ligne, on abaisse la clef d'écoute et on enlève la fiche de l'appareil d'opératrice de façon à n'avoir pas l'annonciateur de fin de conversation en dérivation ; la tête ou la tête et le corps de l'autre fiche, selon le cas, sont alors reliés à la borne convenable du voltmètre.



Digitized by Google

# APPAREIL DISTRIBUTEUR
## et trieur de plis postaux (1)

Dans son rapport, la mission de fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes, qui a été envoyée aux États-Unis en juin 1917, a rendu compte des essais qui se poursuivaient au bureau de poste de Chicago sur une machine à faire le tri des lettres (2).

A proprement parler, il ne s'agissait pas d'une machine automatique. On pourrait donner ce dernier nom à un appareil qui manipulerait des objets et les classerait automatiquement, mais alors le mécanisme devrait lire sur les objets eux-mêmes leur destination et ce résultat ne pourrait être atteint que si l'objet portait quelque étiquette perforée dont les perforations pourraient être interrogées par des organes chercheurs, comme cela a lieu dans toutes les machines à classer, ce qui n'est pas le cas ici, l'employé devant tout d'abord lire l'adresse, avant de diriger la lettre sur la case correspondante.

L'appareil joue donc le rôle d'une sorte de pick up, de conveyor, de transporteur qui achemine jusqu'à sa destination les lettres qu'on lui livre, à la condition que l'opérateur, sur le vu de la suscription, fasse la manœuvre d'aiguillage nécessaire.

Dans l'appareil qui était à l'essai à Chicago, plusieurs employés pouvaient travailler simultanément ; l'appareil avait un très grand développement et le système constitué par les cases était commun à un certain nombre de postes d'opérateurs.

Dans ces temps derniers est apparu un appareil nouveau,

(1) Brevet d'invention N° 481.030. Société dite *The auto mail distributer Inc.* résidant aux États-Unis d'Amérique.

(2) Voir *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*, décembre 1917.

Digitized by Google

Imaginons un employé trieur devant son casier de tri ; les lettres se présentent à lui, il lit la suscription et il appuie sur le bouton convenable d'un clavier qu'il a devant lui. La lettre est prise par l'appareil, elle est frappée du timbre d'oblitération et elle est conduite par la machine dans la case prédestinée.

Il y a une différence avec la machine de Chicago, c'est que dans celle-ci, l'opérateur devait faire avec ses doigts sur un clavier une combinaison de touches, au nombre de sept, analogue aux combinaisons de touches, au nombre de cinq, que l'on fait au Baudot. Il faut donc que l'opérateur apprenne la traduction des adresses suivant un code convenu. Quelque simple que ce code puisse être fait par l'ingéniosité des fonctionnaires qui établissent le tableau de tri, il est clair qu'il serait préférable de n'avoir à appuyer que sur une touche unique. C'est justement ce qui a lieu dans l'appareil nouveau présenté par *The auto mail distributer incorporated* des États-Unis.

La description complète de l'appareil est extrêmement longue ; elle se trouve donnée d'une façon très claire dans le brevet 481.030 du 12 novembre 1915. Ce brevet est un brevet français qui comporte treize grandes planches de dessins que nous ne saurions reproduire.

Nous essayerons néanmoins de donner ci-après une idée générale de son fonctionnement.

Le casier de tri représenté sur le brevet comporte cent douze cases, véritables boîtes à lettres.

Le clavier comporte donc au moins cent douze touches.

Dans un ascenseur avec manœuvre à un bouton, la benne ou cabine est envoyée automatiquement à l'étage voulu, correspondant au bouton pressé. Le nombre des arrêts différents est de sept ou huit.

Mais pour le télégraphiste il n'y a aucune difficulté à concevoir un combinateur qui porte à cent douze le nombre des arrêts possibles.

Les claviers tels que les claviers alphabétiques du Baudot ou du Murray traduisent aisément une lettre en une combinaison déterminée de signaux + et —. Ici nous avons onze culbuteurs

Digitized by Google

alignés dont chacun peut être laissé au repos ou placé dans la position d'activité. Ce jeu de onze culbuteurs accompagne chaque

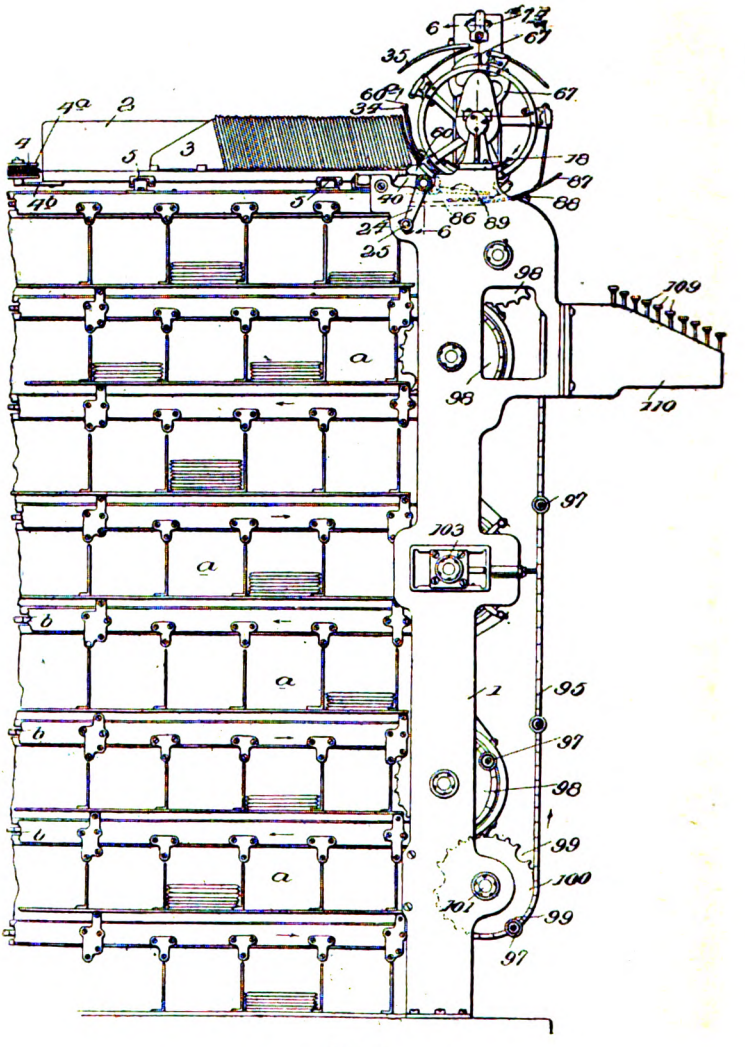



Fig. 1.

lettre et la laisse tomber dans la boîte qui correspond à la combinaison formée par la position des culbuteurs.

Nous allons donc suivre une lettre dans ses évolutions.

Digitized by Google

1° *Magasin.*—Les lettres sont relevées, les adresses toutes d'un même côté ; il faut qu'alors le timbre soit placé à peu près à la place habituelle pour se présenter convenablement plus tard à l'oblitération ; les lettres sont empilées dans une gouttière horizontale. Elles sont retenues par des doigts qui limitent leur mouvement en avant ; elles sont pressées à l'arrière par un poussoir.

2° *Margeur automatique.*—La boîte à tiroir fait un petit mouvement en avant, des leviers creux dans lesquels circule un courant d'aspiration pneumatique viennent appuyer sur la première lettre et y appliquer leur suçoir. Celui-ci est doué d'une certaine mobilité qui lui permet d'épouser la forme de la lettre. En même temps que la lettre qui se présente la première subit cette aspiration, elle est saisie par des pinces et entraînée le long des doigts guides.

3° *Machine à oblitérer et à présenter les lettres.* — La lettre est donc prise par les pinces d'un touret et elle va effectuer trois quarts de tour autour de ce touret ; au bout du premier quart, elle se trouve à la partie supérieure et reçoit l'empreinte d'oblitération ; au second quart, elle est présentée à l'opérateur qui déchiffre la combinaison et au troisième quart elle entre dans le couloir à lettres.

4° *Clavier.*—Dès que l'opérateur a lu la suscription, il sait dans quelle case il doit placer la lettre, il appuie donc sur la touche correspondante, ce qui a pour effet de faire passer à la position d'activité soit un, soit deux, soit trois culbuteurs du mécanisme sélecteur qui constitue l'extrémité de chaque pousse-lettre du transporteur.

5° *Couloir à lettres.* — Le couloir à lettres présente les plus grandes analogies avec le couloir à cartes perforées de la machine Powers, décrite dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones*. Il comprend une série de portes ou volets pivotés sur un arbre oscillant transversal horizontal monté dans le bâti.

Digitized by Google

Ces portes constituent un plancher ininterrompu sur lequel les lettres peuvent glisser, sauf à l'endroit où une porte est relevée

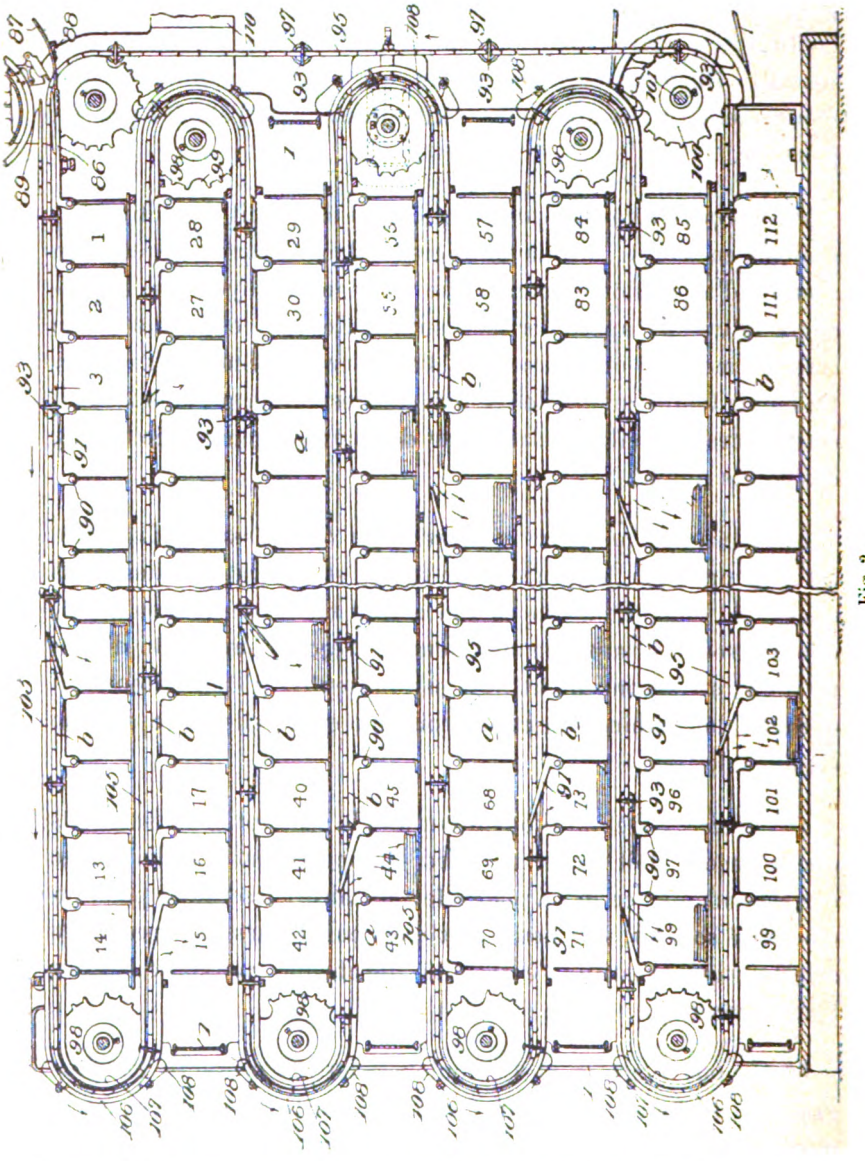


Fig. 2.

pour faire passer une lettre dudit plancher dans la boîte commandée par cette porte. Les lettres peuvent être mises en mouvement par-dessus les boîtes au moyen d'une série de poussoirs.

Digitized by Google

6° *Mécanisme d'avancement.*— L'entraînement (fig.2) se fait au moyen d'une chaîne sans fin qui circule en zigzaguant au-dessus des diverses parties horizontales superposées du couloir à lettres. Cette chaîne comprend de distance en distance des galets qui viennent se placer dans les concavités équidistantes des roues motrices à empreintes. Il y a une chaîne de Galle de chacun des côtés du bâti de l'appareil et l'un des jeux de roues à empreintes peut être déplacé de façon à maintenir la tension voulue malgré l'allongement que donne l'usage. C'est entre les deux brins de cette paire de chaînes que sont fixés les pousse-lettres.

Le plancher du couloir à lettres est bordé de chaque côté par des rails qui guident les chaînes dans lesquels les pousse-lettres sont articulés. Ces poussoirs sont constitués par des tiges présentant une série de coudes dont les parties alternantes s'étendent au-dessus des planchers pour venir en prise avec les lettres et les pousser le long du plancher. Aux deux extrémités de l'appareil sont ménagés dans les parties courbes des passages qui maintiennent les lettres, pendant qu'elles descendent d'un étage de cases à l'étage immédiatement au-dessous.

7° *Déclenchement ouvrant une porte.* — Pour actionner les culbuteurs afin d'ouvrir les portes, chacun des axes de ces portes possède un prolongement pourvu d'une manivelle susceptible d'être actionnée par un culbuteur si elle se trouve sur le chemin d'un culbuteur activé. Ces culbuteurs sont portés par un prolongement du pousse-lettre. Chaque culbuteur, dans tout le cours de son mouvement d'entraînement, demeure situé dans un même plan vertical; comme il y en a onze à côté les uns des autres, si je porte mon attention sur une manivelle de porte, cette manivelle se trouvera dans le plan vertical où se meut le culbuteur d'un certain rang de chacun des poussoirs; elle pourra donc être actionnée par un culbuteur de ce rang mais non par un culbuteur occupant l'un quelconque des dix autres rangs. Cela nous donne un certain nombre de combinaisons possibles utilisées dans l'appareil.

Imaginons maintenant une boîte dans laquelle nous ayons

Digitized by Google

enfermé un certain nombre de billes, rangées sur une seule ligne, parce que la largeur de la boîte est justement égale au diamètre des billes ; mais dans le sens de la longueur, ces billes auront un certain jeu entre les parois qui ferment la boîte aux deux bouts. Nous pourrons bien y enfoncer une lame entre deux billes, et même, par exemple, une autre lame entre deux autres billes, mais si, au même moment, nous voulions insérer entre les billes une troisième lame, de même épaisseur, le jeu aurait pu être réglé pour qu'alors l'enfoncement devînt impossible, et alors notre effort ferait basculer la boîte, si celle-ci pouvait prendre un petit mouvement de bascule. C'est un dispositif analogue qui est utilisé pour produire l'ouverture des volets sous l'action d'une combinaison de deux culbuteurs ou de trois culbuteurs voisins activés.

C'est ainsi qu'on parvient à pouvoir utiliser facilement cent douze combinaisons mécaniques pour l'ouverture des cent douze portes.

On conçoit en effet que l'introduction d'une lamelle correspondant à un culbuteur ne suffit pas à procurer l'enfoncement ou le basculage d'une boîte à deux billes et que l'introduction de deux lamelles dans une boîte à trois billes y produise un déplacement des billes, mais non le mouvement efficace que trois lamelles produiraient.

Dès qu'une porte a été ouverte, le poussoir subséquent la ramène à la position de fermeture en agissant sur un levier convenable relié à l'axe de la porte.

Quand toutes les lettres sont distribuées et classées, il ne reste plus qu'à les prendre dans leurs casiers respectifs.

8° *Force motrice.* — La force motrice peut être quelconque ; elle fait tourner d'un mouvement continu les roues à empreinte qui actionnent la paire de chaînes qui entraîne les poussoirs, munis de leur prolongement ; ce prolongement porte les culbuteurs.

La force motrice fait aussi tourner d'un mouvement continu un arbre vertical dans le prolongement duquel se trouve un autre arbre à mouvement intermittent, les deux parties pouvant être

Digitized by Google

embrayées l'une avec l'autre et l'étant effectivement chaque fois que l'opérateur appuie sur une touche du clavier. Mais comme l'opérateur abandonne immédiatement la touche ainsi déprimée, un bras vient se présenter devant la clavette d'embrayage, l'oblige à s'effacer et produit ainsi le débrayage.

Ainsi à chaque touche abaissée correspond un tour et un seul de l'arbre principal.

Sur cet arbre principal, nous rencontrerons donc les cames qui sont chargées des fonctions les plus importantes.

La première est chargée de commander le mouvement des becs du margeur automatique qui viendront opérer, sur chaque lettre présentée, la succion nécessaire à son appréhension.

La seconde a pour effet de faire mouvoir en temps utile les tiroirs d'admission des conduits d'aspiration de façon à faire communiquer les buses avec la pompe à vide.

La troisième agit sur la plaque de verrouillage. Voici comment : lorsque l'opérateur a lu la suscription de la lettre qui lui a été présentée par le touret et qu'il a abaissé la touche du clavier correspondant à la case destinatrice, la dépression de cette touche a fait osciller plusieurs des éléments de mise en position ; des crochets sont venus se mettre on position d'activité pour actionner à leur passage les culbuteurs correspondants ; la came que nous envisageons en ce moment entre en prise avec les éléments de mise en position actifs, et, par l'un de ses rebords, bloque les autres, donnant ainsi à la combinaison préparée l'invariabilité et la solidité nécessaires pour actionner les culbuteurs. Après que cet effet a été produit, la plaque de verrouillage se retire et tous les éléments de mise en position reviennent à leur position de repos. Le pousse-lettre porte dès lors la combinaison sélectrice qui lui ouvrira la porte ou le volet dont elle a le mot d'ordre.

La quatrième came donne au magasin à lettres le petit mouvement alternatif qui facilite la prise des lettres par les suçoirs et par les pinces.

Cet arbre principal fait accomplir un cinquième de tour à chaque fois au touret, celui-ci portant sur sa circonférence cinq jeux de pinces équidistants.

Digitized by Google

D'autre part, il met en mouvement le timbre d'oblitération rotatif. La liaison de l'arbre du timbre avec l'arbre moteur se fait par une articulation qui permet un jeu suivant l'épaisseur de la lettre ; et la liaison du timbre même avec son axe se fait par rotule pour que la surface du timbre ne soit pas rigoureusement astreinte à être parallèle à l'axe de rotation, l'épaisseur de la lettre pouvant n'être pas uniforme.

L'axe du touret lui-même entraîne par un renvoi d'engrenage l'arbre de la contrepartie qui est dûment évidée sur certains secteurs pour des raisons de construction.

Le touret lui-même porte les pince-lettres et il se trouve enveloppé en partie par des doigts courbes de guidage pour les lettres et par des cames, chargées de déterminer l'ouverture ou la fermeture des pinces.

L'étude détaillée du mécanisme sélecteur nous entraînerait trop loin et dépasserait le but que nous nous sommes proposé, qui est simplement d'exposer le principe de l'appareil trieur de *the auto mail distributer Inc.* (États-Unis).

Ce dispositif paraît constituer un sérieux progrès sur l'appareil encombrant installé à Chicago.

Digitized by Google

## Service d'Études et de Recherches Techniques
## DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

### Tableaux commutateurs multiples de type extensible.

Le Service d'Études a préparé un projet de cahier des charges pour la fourniture de tableaux commutateurs multiples à batterie centrale d'un type extensible permettant d'atteindre progressivement une capacité de 1.000 abonnés. Chaque groupe (urbain, interurbain ou mixte) constitue un élément du meuble et une unité d'assemblage. On peut facilement transformer un groupe d'un certain genre en un groupe d'un autre genre, par simple substitution de keyboards et remaniement des réglettes de jacks. L'installation débute par un ou deux groupes mixtes (comportant à la fois des jacks d'abonnés et des jacks de circuits interurbains); lorsque le nombre de circuits est suffisant pour légitimer la création d'une position spécialisée pour le service interurbain, on transforme ces groupes mixtes en groupe d'abonnés et en groupe interurbain, et on leur juxtapose d'autres groupes de même encombrement, au fur et à mesure de la croissance du service. Tous ces groupes ayant le même aspect extérieur se prolongent parfaitement les uns les autres, de sorte que leur ensemble donne l'impression d'un meuble unique.

Ces tableaux commutateurs multiples extensibles sont destinés à remplacer les tableaux commutateurs ordinaires dits « tableaux standards » et les tableaux interurbains à annonciateurs. Ces tableaux extensibles présentent sur les tableaux standards et les tableaux interurbains ordinaires l'avantage de la batterie centrale et du multiplage; ils présentent sur les tableaux commutateurs multiples, construits et installés d'une pièce, l'avantage de ne pas immobiliser, dès l'origine de l'installation, un capital élevé.

Digitized by Google

Ces tableaux multiples extensibles offrent le moyen de procéder, d'une façon progressive et dans de nombreux bureaux à la fois, à des installations téléphoniques modernes d'un type uniforme et présentant le maximum de commodité, ces installations étant à tout instant d'une importance proportionnelle à celle du service à assurer. A ce point de vue, ils seront très utiles dans la zone des armées et dans les pays reconquis pendant la reprise progressive de la vie commerciale et industrielle.

Ces tableaux extensibles offrent également le moyen de transformer progressivement une installation démodée et incommode en une installation moderne dans tous les bureaux, où, par suite du manque de place et de locaux disponibles, on ne peut pas installer un multiple complet. La substitution des différents groupes du multiple extensible aux standards d'abonnés et aux tableaux interurbains se fait alors de proche en proche, tandis que les postes téléphoniques des abonnés sont de même peu à peu remplacés par des postes à batterie centrale.

## Outillage pneumatique pour l'affouillement du sol et la plantation des poteaux télégraphiques.

En vue d'économiser le plus possible la main-d'œuvre nécessaire pour l'établissement des lignes télégraphiques et téléphoniques en fil nu ou en câbles aériens, le Service d'Études procède actuellement à des essais d'outillage pneumatique dont l'emploi permettra de décupler le rendement des ouvriers terrassiers.

L'outillage pneumatique d'une équipe de fouilles et de plantation de poteaux comprendra :

1° Une voiture-compresseur composée : *a*) d'un compresseur d'air entraîné par un moteur à essence ; *b*) d'un réservoir d'air comprimé ; *c*) d'un réservoir à vide où le compresseur, fonctionnant en aspirateur grâce à un jeu de valves ingénieux, fera le vide en vue de permettre l'épuisement, par aspiration, de l'eau contenue dans les fouilles ; *d*) d'une bâche à eau et d'une pompe centrifuge destinées à assurer la circulation de l'eau de réfrigération du compresseur.

Digitized by Google

2° Une voiture-outils composée : *a*) d'un marteau perforateur pneumatique destiné à remplacer la barre à mine. Ce marteau sera muni de deux jeux de fleurets : un jeu de fleurets en acier rond creux pour roches dures et un jeu de fleurets en acier tors pour roches tendres ; *b*) d'une perceuse à bois pneumatique destinée à percer les trous des boulons servant à la fixation des consoles ou des traverses sur les poteaux ; *c*) d'une chèvre articulée sur le cadre de la voiture-outils et pouvant être abaissée afin de permettre le passage de cette voiture sous les ponts ou les tunnels : à l'extrémité supérieure de cette chèvre sera fixé un palan pneumatique qui servira à placer le poteau verticalement dans la cavité creusée dans le sol pour le recevoir ; *d*) d'un fouloir pneumatique destiné au damage de la terre au pied du poteau ; *e*) d'une sondeuse de modèle américain, destinée au forage vertical dans les terres trop meubles pour être attaquées au marteau perforateur. Cette sondeuse se compose d'une large et puissante vis d'Archimède entraînée par un moteur à essence.

Dans l'essai auquel procède le Service d'Études, la voiture-compresseur et la voiture-outils sont de simples flèches à quatre roues pouvant être traînées par des chevaux ou attelées comme des remorques à un camion automobile. Ultérieurement, pour les travaux sur routes, l'outillage complet, décrit précédemment, sera monté sur deux camions automobiles affectés exclusivement à une équipe régionale de fouilles et de plantation de poteaux ; pour les travaux sur voie ferrée, cet outillage sera monté sur wagonnets auto-propulseurs et munis d'une voie étroite (de 0 m. 60) s'adaptant à angle droit à la voie normale, afin de permettre à ces wagonnets de se ranger latéralement avant le passage d'un train.

Digitized by Google

# COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

## Introduction des lignes aériennes dans les bureaux centraux. Dispositifs de protection.

*Le Comité Technique a été saisi d'une proposition relative à un panneau mural de répartition sur lequel seraient apposés les organes de protection réglementaires en France.*

*A l'occasion de cette affaire, l'étude suivante a été exposée devant le Comité.*

*Les procédés employés dans différents pays sont indiqués ci-après :*

1. *France.* — Un premier groupe d'organes de protection constitué par un coupe-circuit de 3 ampères et un paratonnerre à lame de charbon est placé le plus près possible de l'entrée des lignes dans le local. Un second groupe d'organes de protection comportant seulement un coupe-circuit d'un ampère est fixé sur le répartiteur (côté ligne) s'il s'agit de postes à 25 directions et au-dessus ou sur le tableau commutateur lui-même dans les postes pourvus d'un tableau extensible modèle 1911.

2. *Allemagne.* — Un premier groupe d'organes de protection constitué par un coupe-circuit fort (2 à 8 ampères) est placé le plus près possible de l'entrée des lignes dans le local.

Un second groupe d'organes de protection comportant un paratonnerre à charbon et une bobine thermique (ou plus rarement un fusible à faible intensité) combinés est placé ou bien sur un châssis spécial, ou plus souvent sur le répartiteur (Hersen et Harz. p. 159).

L'ouvrage de Niendorf (p. 260) indique que le premier groupe d'organes de protection serait même complété par un paratonnerre à sensibilité moyenne et que (p. 264) les paratonnerres à vide seraient actuellement employés à cet effet.

3. *Amérique.* — D'après Radcliffe et Cushing (2e édition,

Digitized by Google

p. 133, 1915), pour les petits bureaux dont la capacité ne dépasse pas 200 abonnés, les organes de protection se composent d'un fusible, d'une bobine thermique et d'un paratonnerre à charbon. Les fusibles sont souvent disposés à l'intérieur d'une boîte de raccordement sur le dernier poteau de la ligne aérienne les autres organes de protection étant situés sur le répartiteur du bureau central.

La Compagnie Stromberg-Carlson installe sur le dernier poteau, devant le bureau, des boîtes de raccordement contenant les fusibles et les paratonnerres à charbon (Bulletin n° 1011 de cette société, p. 19, texte et figure).

La Compagnie Western Electric installe aussi sur le dernier poteau des boîtes de raccordement contenant les organes de protection n° 83-A (paratonnerres à blocs métalliques séparés par du mica). Le bulletin n° 1.007 de cette compagnie donne à la page 3 une description et une figure de ces installations. Ce mode de protection n'est cependant adopté que lorsque la longueur des lignes aériennes dépasse 1/2 mille (850 mètres).

4. *Autriche-Hongrie.* — Les « Vorschriften für den technischen Dienst des K. K. Post und Telegraphen Anstalt, II Band 1912 » contiennent les prescriptions suivantes :

(Page 59). — Les paratonnerres sont placés, en principe, le plus près possible du point de pénétration dans l'immeuble, à la condition que l'emplacement choisi soit facilement accessible. Ils doivent être montés en avant de tous les organes de permutation. Le personnel chargé d'effectuer les permutations de fils ne doit pas risquer au cours de ses manœuvres de les mettre en court-circuit ou de les déconnecter.

(Page 65). — Les fusibles de 10 ampères sont souvent combinés avec les paratonnerres à charbon et montés sur une réglette pour 2, 4, 10 ou 20 circuits. Ces réglettes peuvent être au besoin complétées par des bobines thermiques.

(Page 71). — Les paratonnerres coupe-circuit combinés servent à la protection des circuits d'abonnés et des circuits interurbains construits en fil de calibre inférieur à 4 mm.

(Page 72). — Le montage des coupe-circuits paratonnerres

Digitized by Google

combinés est soumis aux mêmes règles qui ont été précédemment énoncées (pour les paratonnerres); le fusible à 10 ampères étant connecté avant le paratonnerre.

Quand il y a un répartiteur, la bobine thermique peut avantageusement être placée sur le répartiteur.

En résumé, dans tous les pays qui ont été cités, les organes de protection des lignes aériennes ne sont jamais tous placés sur le répartiteur, mais il y a toujours au moins l'un de ces organes placé soit à l'extérieur du bureau, soit à l'intérieur, mais le plus près possible du point de pénétration des circuits dans l'immeuble et dans ce cas sur un châssis indépendant du répartiteur.

## Adoption d'un matériel unifié pour l'éclairage électrique des locaux de l'Administration.

Les installations d'éclairage électrique dans les locaux de l'Administration sont extrêmement nombreuses et souvent importantes. Le Comité technique s'est proposé d'étudier les mesures qui seraient les plus propres à améliorer la qualité de ces installations et, en même temps, à diminuer leur prix de revient.

Il a établi, en premier lieu, un cahier des charges pour la fourniture des lampes à incandescence par voie de concours technique. Ces lampes seront fournies à tous les services de l'Administration et, en outre, les receveurs auront la faculté d'en acheter à titre onéreux.

Le Comité a été d'avis d'adopter un matériel type complet d'appareillage électrique d'emploi courant, comprenant des câbles et fils, moulures, serre-fils, coupe-circuits, interrupteurs, commutateurs, patères, rosaces, suspensions, lampes à bout de tube, lanternes, appliques murales, lampes mobiles, douilles, griffes, abat-jour, réflecteurs en tôle ou en verrerie, tubes de fer pour canalisations spéciales, minuterie, etc. Les divers articles ont été choisis par le Service d'Études et de Recherches techniques parmi les meilleurs existant dans le commerce : pour certains d'entre eux on a même créé un modèle spécial. Leur nomencla-

Digitized by Google

ture et leur description feront l'objet d'un album qui sera envoyé dans chaque service.

Le matériel fourni par l'Administration pourra être posé sans faire appel à l'entreprise, les inspecteurs et les mécaniciens faisant l'étude des projets et les monteurs exécutant les travaux. Le cahier des charges type pour les installations d'éclairage électrique, approuvé par le Comité technique et inséré dans le Bulletin n° 26 des Postes et Télégraphes de l'année 1917 donne les règles principales à observer ; des documents complémentaires seront envoyés selon les besoins.



Digitized by Google

# COMPTE RENDU DES PERIODIQUES

Revues françaises, par M. Taffin, Inspecteur à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes. — Revues étrangères, par MM. Drouet et Viard, Ingénieurs à la Direction de l'Ecole supérieure des Postes et Télégraphes.

## PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE

**Economies de cuivre** (*L'Industrie électrique*, août 1918). — Les effets de la rareté du cuivre dans les Empires centraux ont été maintes fois signalés et se sont encore intensifiés, *à la charge des exploitations électriques*, du fait qu'on a dû souvent prélever le cuivre des installations pour en faire bénéficier les industries de guerre.

L'entretien des lignes est devenu défectueux, et commence à causer des soucis aux ingénieurs et aux exploitants qui en ont la charge.

L'*Elektrische Krafthetrieb und Bahnen* du 24 mai dernier envisage ces circonstances difficiles et discute les moyens d'y remédier.

Quand une ligne de cuivre peut être doublée d'un fil de fer ou d'acier, il peut être avantageux de le faire et de relier les lignes fer et cuivre à de fréquents intervalles.

Le fil d'acier employé dans de telles conditions est un précieux élément d'économie si la ligne doit fournir du courant à un frotteur, par exemple à une roulette de trolley, car on peut recueillir le courant sur le fil d'acier et transporter sur lui l'usure qui se faisait sur le cuivre et lui était si préjudiciable.

On peut encore réduire cette usure du cuivre par des fourreaux et des garnitures employés aux points faibles, par de vrais boucliers ou des écrans aux passages des croisements ou des isolateurs, par des produits de lubrification et d'entretien des trolleys, etc.

Mais c'est surtout le principe d'associer le fer au cuivre qui est à retenir de tout cela : l'un des métaux supportant l'effort et subissant l'usure mécanique, l'autre agissant surtout comme conducteur de courant.

Digitized by Google

## PÉRIODIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

**Le tunnel sous la Manche et les communications téléphoniques avec l'Angleterre.** Lettre de M. le Professeur J.-A. Fleming (*The telegraph and telephone Journal*, septembre 1916). — Dans les débuts de la guerre un correspondant militaire du *Times* s'exprimait comme suit : « Soyons cependant reconnaissants à la guerre d'une chose : désormais les financiers internationaux, les érudits, les insensés qui désirent nous doter d'un tunnel sous la Manche sont réduits au silence pour tout de bon. » Les événements ayant montré de quelle utilité un tel tunnel aurait pu être pour le transport des troupes et du matériel en France, nous nous demandons si ce correspondant du *Times* a changé aujourd'hui d'opinion. Nous nous demandons aussi dans laquelle de ces trois catégories il placerait le professeur Fleming dont nous reproduisons la lettre ci-après.

Dans cette intéressante communication qui s'adresse aux télégraphistes et aux téléphonistes, l'attention est attirée pour la première fois, croyons-nous, sur les avantages que le tunnel procurerait pour les relations téléphoniques directes entre l'Angleterre et le Continent, Tous les inconvénients des câbles sous-marins seraient supprimés à la fois et nous aurions devant nous l'espérance de réaliser quelques-uns de ces triomphes de la téléphonie à longue distance du genre de ceux accomplis aux États-Unis. Par suite des mécomptes de la téléphonie sous-marine, la communication téléphonique à longue distance entre l'Angleterre et les pays étrangers a été, naturellement très restreinte. Tandis qu'avant la guerre, Berlin, par exemple, était en relation téléphonique avec Rome, Vienne, Budapest, Stockholm, Copenhague et avec les principales villes de France, de Belgique et de Hollande, la Grande-Bretagne n'était en relation qu'avec la France, la Belgique et deux ou trois villes de Suisse. Un câble avec la Hollande était en construction mais il n'était pas possible de prévoir, au moins dans un avenir immédiat, un développement plus important de la téléphonie internationale.

Le projet d'un tunnel sous la Manche sera, heureusement, de nou-

Digitized by Google

veau mis en avant, c'est la conséquence naturelle des relations cordiales entre les Puissances occidentales, relations qui ont été cimentées par le sang et la souffrance. C'est un des facteurs inévitables du retour à la vie normale et de la réorganisation de l'Europe après la guerre.

La lettre suivante de M. le Professeur J.-A. Fleming adressée au *Times* et intitulée : « Les utilités d'un tunnel sous la Manche » est, croyons-nous, un fort argument de plus en faveur de ce projet beaucoup discuté et trop souvent rejeté.

« Monsieur,

« Une des utilités possibles d'un tunnel franco-anglais sous la Manche qui, je crois, n'a pas encore été mentionnée, est la plus grande facilité qu'il offrirait pour la communication téléphonique directe entre la Grande-Bretagne, la France, la Suisse et l'Italie. Il y a actuellement deux câbles téléphoniques anglais qui traversent la Manche ; ils renferment chacun deux circuits qui sont exploités selon la méthode des « combinés », ce qui équivaut à trois circuits par câble. Ces câbles sont naturellement sujets à des détériorations comme tous les câbles sous-marins et les réparations peuvent être longues et coûteuses. Cependant si le tunnel était construit en conséquence, on pourrait y poser un grand nombre de câbles téléphoniques et télégraphiques, ce qui procurerait une grande augmentation des moyens d'intercommunication à un prix inférieur à ceux obtenus avec un nombre égal de câbles sous-marins. Si ces circuits se prolongeaient par des lignes aériennes pupinisées appropriées, la communication téléphonique pourrait être établie entre les principales villes de la Grande-Bretagne et celles de la France et même de l'Italie. Au point de vue des relations commerciales beaucoup plus étroites qui auront lieu entre les Alliés après la guerre, cette intercommunication améliorée aura le plus grand avantage.

« Je suis donc d'avis que, dans n'importe quel projet concernant ce tunnel une place importante soit réservée aux câbles téléphoniques et télégraphiques du plus récent type adapté à la communication à longue distance. »

Digitized by Google

**Fusion des réseaux automatique et manuel de Los Angeles (États-Unis)** (*The Pacific Telephone Magazine*, août 1918). — La *Southern California Telephone Company* a acheté le 1er mai 1917 les réseaux de Los Angeles appartenant à la *Home Telephone Company*. Le premier de ces réseaux était équipé avec un système automatique et comprenait 35.000 abonnés possédant des appareils à cadran d'appel et 25.000 abonnés possédant des appareils ordinaires sur des « party-lines ». Les abonnés à cadran d'appel étaient reliés à 14 bureaux automatiques, les autres à un bureau manuel. Le réseau de la *Pacific Telephone Company* équipé avec le système manuel, type Bell, comprenait 69.000 abonnés répartis dans des bureaux centraux pour 9.500 abonnés.

Les travaux entrepris pour réaliser la fusion de ces deux réseaux ont été terminés le 1er juin 1918. Pour les mener à bien, il fallut déterminer la somme de trafic pouvant s'écouler entre les groupes de postes des divers districts des deux anciennes compagnies, la voie la plus directe et la plus économique à faire suivre aux appels. Il fallut aussi synchroniser et harmoniser les différents signaux particuliers à chaque compagnie ainsi que les méthodes d'exploitation pour ne pas créer de confusion chez les abonnés.

Pour l'acheminement du trafic d'un bureau à l'autre entre le système automatique et le système manuel, on décida de passer les appels émanant d'un bureau au bureau le plus voisin de l'autre compagnie. Dans les bureaux manuels, chaque position d'opératrice A fut munie d'un cadran d'appel et d'un groupe de lignes auxiliaires de départ reliées directement au bureau automatique le plus voisin. Il y avait environ 375 opératrices A à Los Angeles et cette partie du travail fut une des plus difficiles à exécuter, car on dut y parvenir sans interrompre le service. Un multiple A à 66 positions fut installé au bureau central « Olive » pour écouler les appels provenant des postes automatiques pour les postes manuels.

Des additions et des modifications furent apportées aux lignes, un millier de bobines Pupin furent placées sur les câbles de la *Home Cy* ; environ 25.000 kilomètres de conducteurs souterrains furent posés pour créer de nouvelles lignes ou pour renforcer les lignes auxiliaires existantes.

Digitized by Google

Pour les relations interurbaines, avant la fusion, les abonnés automatiques pouvaient être reliés aux lignes de l'*United States Long Distance Company* et les abonnés manuels aux lignes du système Bell. Depuis la fusion, chaque abonné peut être relié indifféremment aux lignes interurbaines de la *Long Distance Cy* et du système Bell.

Au 31 mai 1918 les dépenses occasionnées par la fusion se décomposaient comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| Câbles, conduites souterraines, bobines Pupin, etc. | 369.876 | dollars. |
| Dépenses dans les bureaux centraux ..... | 611.251 | — |
| Dépenses chez les abonnés..... ..... | 165.181 | — |
| Travaux de bâtiment..... | 29.106 | — |
| Total.... | 1.175.414 | dollars. |

L'expérience des trois premiers mois d'exploitation après la fusion a établi que celle-ci a été opérée sans fautes et le public s'est montré extrêmement satisfait.

**La grenaille de charbon pour microphones** (*Telephony*, septembre 1918). — Dans les microphones à charbon divisé, les grains employés doivent être de dimensions uniformes. On désigne ces dimensions par des numéros conventionnels. Par exemple, la grenaille n° 100 est celle qui passe à travers un tamis ayant 80 mailles au pouce et qui est retenue sur un tamis ayant 100 mailles au pouce. On emploie souvent les n$^{os}$ 40 à 60 dans les microphones à batterie locale et les n$^{os}$ 80 à 120 dans les microphones à batterie centrale.

Pour savoir quel numéro de grenaille convient le mieux à une forme de microphone donnée, une règle approximative est que la distance des deux électrodes du microphone doit être égale à la longueur occupée par trois grains juxtaposés. Les microphones dont les électrodes sont moins écartées sont généralement sujets à de la friture. Quand on se propose de créer un nouveau type de microphone à grenaille, il est bon de choisir d'abord le numéro de grenaille que l'on emploiera et de faire des recherches expérimentales seulement pour déterminer la forme du microphone.

*Fabrication de la grenaille de charbon.* — On choisit du charbon

Digitized by Google

dur bien débarrassé de schistes et d'autres impuretés, et on le réduit en grains que l'on met ensuite dans un creuset de plombagine rempli aux trois quarts. On finit de remplir le creuset avec des morceaux de charbon de bois de la grosseur d'une noisette et on le couvre.

Le creuset est introduit dans un four à 400 degrés dont la température est progressivement élevée jusqu'au rouge blanc ou bien jusqu'à une température moindre selon le résultat que l'on se propose. La température maximum est maintenue de 7 à 10 heures. Plus cette température est élevée, moins la grenaille de charbon aura de résistance électrique et plus elle sera homogène. Le poids spécifique de la grenaille dépendra de la durée de la cuite et l'on sait qu'il y a avantage à avoir des grenailles légères.

Le creuset doit se refroidir lentement. On verse ensuite la grenaille dans un récipient en verre ou en émail (pas de fer) et on la transvase jusqu'à ce que la poussière ait disparu. On la lave à l'eau pure en l'agitant avec du bois ou du verre jusqu'à ce que l'eau reste claire ; on la sèche en l'étalant sur des plaques d'ardoise ou de verre chauffées par des procédés électriques afin de ne pas risquer de brûler la grenaille.

Après avoir de nouveau vanné la grenaille pour la dépoussiérer, on peut la tamiser ou la cuire une seconde fois, ainsi qu'il vient d'être expliqué. On est d'avis que cette seconde cuisson est avantageuse.

Après toutes ces opérations, on fait passer les grains dans un trieur magnétique pour éliminer tous ceux qui pourraient contenir même une trace de fer. Le trieur est un cylindre d'acier poli tournant dans un champ magnétique assez fort. On peut prendre une magnéto dont l'induit est remplacé par le cylindre d'acier, une trémie laisse tomber la grenaille, par quelques grains à la fois, au sommet du cylindre ; une ratissoire est disposée au bas du cylindre, au delà de la ligne axiale dans le sens du mouvement. Les bonnes granules tombent, les mauvaises restent collées au cylindre jusqu'au moment où la ratissoire les arrache.

La grenaille est ensuite agitée pendant un quart d'heure par paquets d'une demi-livre et puis encore tamisée. Elle est enfin mise dans des flacons de verre bouchés à l'émeri, lesquels flacons sont

Digitized by Google

étiquetés en mentionnant le numéro de tamisage, le poids spécifique, le nombre et la durée des cuissons subies, etc... On ne doit jamais laisser ces flacons débouchés ni toucher la grenaille avec les mains, ni travailler avec la grenaille près d'une fenêtre ouverte, ou dans un endroit poussiéreux ou humide. Chaque fois que l'on prend de la grenaille dans le flacon, on la lave à l'alcool et on la sèche à une chaleur douce en agitant.

C'est en préparant la grenaille de cette façon que l'on obtient un produit léger, mobile, n'ayant pas de tendance aux tassements, ni à la friture pour l'intensité de courant normale. Toutes ces qualités devraient se conserver indéfiniment. Cependant, dans beaucoup de microphones, on a besoin de changer la grenaille après trois à cinq ans d'usage. On peut supposer qu'avec les microphones les plus récents, à résistance plus élevée et courant normal moins intense, la durée d'usage sera plus grande.

Digitized by Google

# INFORMATIONS ET VARIÉTÉS

**Opérations du service des chèques postaux.** — Les prévisions de l'Administration comportaient l'ouverture de 6.000 comptes courants du 1er juillet au 31 décembre 1918. Or, ce chiffre était atteint dès le milieu de septembre, c'est-à-dire après deux mois 1/2 de fonctionnement.

Au 30 septembre l'on comptait exactement 6.551 titulaires.

Les opérations effectuées sur ces comptes pendant le premier trimestre (juillet, août et septembre) se répartissent de la manière suivante :

| Nature | Nombre | Montant |
|---|---|---|
| Versements en espèces | 101.519 | 119.436.581 fr. |
| Payements en espèces | 32.001 | 46.550.081 fr. |
| Virements recettes | 10.200 | 107.090.588 fr. |
| Virements dépenses | 10.210 | 108.975.396 fr. |
| Opérations diverses | 141 | 54.184 fr. |
| Totaux : | 154.071 | 382.106.830 fr. |

L'avoir disponible aux comptes courants le 30 septembre au soir, était de 71.012.709 fr., représentant une moyenne de 10.840 fr. par compte.

**Piles Leclanché.** — M. Aubertin, Receveur des Postes et Télégraphes à Biskra, signale que les vases poreux employés dans ce bureau sont, à cause de la température extrêmement élevée de la localité, sujets à se fendre, ce qui met rapidement la pile hors service. Il a observé que des vases poreux percés d'une série de petits trous à la base sur la face inférieure et sur la face supérieure résistent beaucoup mieux à l'éclatement que les vases poreux non percés de trous.

D'autre part, il a eu à utiliser des bâtons de zinc qui présentaient une usure anormalement rapide et il a réussi, en mettant quelques grammes de mercure au fond du vase de verre (ce qui a pour résultat de réamalgamer spontanément le zinc pendant le fonctionne-

Digitized by Google

ment de la pile), à diminuer son usure dans de notables proportions.

**Réception optique des signaux de T. S. F.** — Sous ce titre, l'*Electrical Experimenter* décrit un dispositif employé, paraît-il, par les Allemands pour les installations radio-télégraphiques de leurs avions.

On sait que, sur ces derniers, le ronflement des moteurs et, même en vol plané, le sifflement de l'air sur les fils tendeurs et le fuselage rendent impossible ou très difficile la réception auditive des signaux. Cette difficulté a été cependant jusqu'à un certain point surmontée chez les Alliés, par des méthodes qu'il n'est pas permis de révéler; il est d'ailleurs à présumer que les ennemis ont recours à des procédés analogues.

L'invention qui fait le sujet de cet article fait disparaître la question même de l'audibilité des signaux, les courants à haute fréquence agissant sur une modification du galvanomètre d'Einthoven pour produire des manifestations optiques. Le dispositif, qui présente l'apparence générale d'une jumelle à prismes, porte à sa base une petite lampe électrique dont la lumière est dirigée vers une étroite fente masquée normalement par le filament délié du galvanomètre. Ce dernier, soumis à l'action d'un champ magnétique intense, dévie lorsqu'il reçoit le courant du récepteur, laissant ainsi passer la lumière à travers la fente. Pour recevoir des signaux, l'opérateur regarde la fente à travers un système binoculaire donnant un grossissement considérable, et peut ainsi lire les points et les traits sous l'espèce d'éclats de lumière de durées différentes.

Le principe de la réception optique n'est, d'ailleurs, pas nouveau ; l'efficacité du galvanomètre d'Einthoven pour cet usage a été vérifiée, il y a déjà quelques années, en Angleterre et ailleurs, on a même pu enregistrer photographiquement les signaux sur une bande. M. William Dubelier, de New-York, a personnellement vu fonctionner cet appareil à l'usine Berliner de Vienne, il a même eu l'occasion d'observer personnellement la réception de signaux provenant d'une station lointaine.

**Nettoyage des wagons.** — On a employé, pour le nettoyage exté-

Digitized by Google

rieur des wagons, des procédés variés; l'un d'eux consiste à faire passer le wagon auprès d'un appareil qui fait tourner rapidement autour d'un axe vertical des étoffes mouillées qui déversent sur les parois des wagons une eau abondante, par l'effet de la force centrifuge, en même temps que leurs extrémités font office de brosses sur la surface. On opère ainsi, avec la plus grande rapidité, un abondant lavage et un brossage vigoureux. Ces tourniquets sont employés aux chemins de fer du Nord.

Lorsqu'il s'agit de faire revenir la peinture naturelle ternie par l'apport journalier de la poussière, du charbon, des fumées, etc., il est possible d'employer un procédé plus efficace, dont la Compagnie d'Orléans fait usage avec le plus grand succès. On commence par faire un lessivage à l'éponge avec une composition appropriée. Ensuite, le nettoyage s'opère au moyen d'une brosse rotative à longs poils, mue par un électromoteur de machine à percer portative. L'ensemble est suspendu à une traverse disposée dans le hangar et l'ouvrier, qui peut être une femme, n'à qu'à diriger la brosse au moyen d'une poignée, et à en régler la pression sur les surfaces à éclaircir. Le résultat est merveilleux.

A la même Compagnie, on se sert d'un dispositif analogue pour nettoyer les intérieurs des compartiments. On laisse en place les draps et capitonnages. On commence tout d'abord par enlever les poussières au moyen du *vacuum cleaner*; ensuite, on verse à flots le liquide de composition appropriée qui doit effectuer le lessivage; on brosse énergiquement au moyen de la brosse rotative suspendue à une traverse mobile appuyée sur les barres des filets; on termine par une nouvelle application du vide, avec les précautions voulues pour ne pas obstruer les tuyaux d'aspiration par les poussières mouillées. L'expérience a prouvé qu'on pouvait ainsi enlever d'une façon complète l'humidité intérieure des coussins, et n'avoir aucune crainte que certaines parties ne viennent à pourrir; la dessiccation est parfaite. L'emploi des machines à vide et des brosses mécaniques portatives a constitué un progrès considérable qui permet de prolonger de plusieurs années le temps de service des wagons avant leur retour aux ateliers d'entretien. Toutes les opérations se font sur place, sans aucun démontage.

Digitized by Google

A Berlin (1), on s'est préoccupé de désinfecter complètement les wagons des voyageurs. On a fait une sorte d'étuve cylindrique assez grande pour recevoir à son intérieur un wagon entier. L'installation a coûté 80.000 marks, et une opération de désinfection coûte environ 35 marks; cette dépense est le dixième de ce que coûtait auparavant la désinfection. Le principe du procédé est l'application d'une chaleur modérée et du vide. Si l'on fait, par exemple, un vide de 2 à 6 centimètres de mercure et que l'on porte la température à 45° C. environ, les liquides ou humeurs qui peuvent se trouver dans le corps des insectes, tels que les punaises, entrent en ébullition et causent leur mort. L'air évacué est expulsé à travers le foyer d'une chaudière ou la cheminée et les germes y sont détruits. Au lieu de faire rentrer de l'air, on fait rentrer tout d'abord de petites quantités de formol; il se vaporise et pénètre dans les pores des tissus d'où l'air a été enlevé. Le chauffage dure une heure, pour que la température voulue soit atteinte; on le prolonge pendant cinq heures pour que toutes les parties aient pris la même température d'une façon certaine. Le corps cylindrique de l'étuve est monté sur des galets qui permettent une certaine dilatation. Le wagon est introduit, la voie se prolongeant dans l'étuve; puis on referme la porte. Le diamètre de l'appareil est de 5 m. La porte est donc manœuvrée par une grue, et ensuite elle est solidement boulonnée. Les opérations peuvent alors s'effectuer comme nous les avons décrites.

Rappelons que de semblables étuves à vide, mais de dimensions plus modestes, existent en France chez divers fabricants de câbles et que ces étuves ont rendu de grands services pour la dessiccation d'objets de toutes sortes, atteints par la grande inondation, la température peu élevée de l'opération évitant toute détérioration.

---

(1) Aux ateliers de la gare de Potsdam.

Digitized by Google

# BIBLIOGRAPHIE

## A. — BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

**Cours élémentaire de Télégraphie sans fil**, par M. VIARD, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1918). Librairie de l'enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris, V^e^, 1 vol. in-8° 304 pages, 188 figures. Prix : 12 francs.

La Commission des *Annales des Postes, Télégraphes, Téléphones*, a placé en tête de cet ouvrage la préface suivante :

En présence du développement rapide de la Télégraphie sans fil, l'Administration des Postes et des Télégraphes a jugé indispensable de faciliter à son personnel l'étude de cette branche nouvelle de la technique télégraphique.

C'est ainsi que M. l'Ingénieur VIARD fut chargé, en 1915, de donner à l'École supérieure des Postes et Télégraphes des conférences sur ce sujet.

Ces conférences furent l'objet de comptes rendus autographiés parus au fur et à mesure, et ensuite réunis en un volume. Le présent ouvrage n'est autre qu'une édition nouvelle de cette publication, mais profondément remaniée, et, de plus, abondamment illustrée de photographies des appareils décrits, et d'oscillogrammes enregistrés au cours même des conférences.

## B. — OUVRAGES DIVERS

**Les industries électriques d'hier et de demain**. — L'enseignement de l'électricité industrielle, par Maurice SOUBRIER, Professeur suppléant d'électricité industrielle au Conservatoire national des Arts et Métiers. Annexe de M. André BLONDEL, Membre de l'Institut — 1 vol. in-8° de 214 pages avec figures. Prix (majoration comprise) : 12 francs. (Dunod et Pinat, éditeurs, 47-49, quai de Grands-Augustins, Paris, VI^e^.)

Digitized by Google

La première partie du livre, relative à la production de l'énergie, expose l'état actuel du réseau électrique français et son extension après la guerre, la question de la houille blanche, l'utilisation des gaz de fours à coke et hauts-fourneaux.

La deuxième partie, relative à l'utilisation de l'énergie, traite de la réorganisation des régions envahies, de l'électrochimie, de l'électrométallurgie, de la traction sur voies ferrées, de l'éclairage, du chauffage, de l'équipement électrique des ateliers, ports, gares, etc.

La troisième partie expose le point de vue de l'organisation des usines et du commerce du matériel électrique.

Enfin, une dernière partie est consacrée à l'étude de la formation du personnel et de ses cadres (apprentissage, enseignement technique, laboratoires, etc.).

**Théorie des enroulements des machines à courant continu**, par G. Szarvady, chargé du cours d'électricité industrielle à l'École centrale des Arts et Manufactures. In-8° de 137 pages avec 36 figures et diagrammes. Prix (majoration comprise) : 10 fr. 80. (H. Dunot et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^.)

**L'éveil de l'esprit public**. — Administration industrielle et générale. Prévoyance. Organisation. Commandement. Coordination. Contrôle. Études publiées sous la direction de M. Henri Fayol. In-8° de 289 pages, avec figures. Prix (majoration comprise) : 4 fr. 80 (H. Dunot et E. Pinat, éditeurs, 47 et 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI^e^).

Digitized by Google

# NOUVEAUX BREVETS D'INVENTION

487.613 Principe de transmission de signaux et dispositif à émissions de travail, bridées, alternées, ayant principalement pour objet l'exploitation des lignes télégraphiques, souterraines, sous-marines — M. Pierre-Louis CLAVIE, Commis des Postes et Télégraphes à Bordeaux.

Le principe de ce système a été sommairement indiqué dans les *Annales* (juin 1918, p. 365). Chaque signal est formé de deux émissions successives de sens inverse et d'inégale durée ; le but que se propose l'inventeur est de développer à un moment déterminé, sur l'armature protectrice et le conducteur proprement dit des lignes souterraines ou sous-marines, des quantités électriques de mêmes noms : la répulsion réciproque de celles-ci ayant pour résultat de prévenir l'excès de charge du conducteur.

Les lignes souterraines et sous-marines présentent, par leur construction, une grande analogie avec les condensateurs, elles accusent en effet trois parties essentielles :-le conducteur proprement dit, l'enveloppe isolante, le tout recouvert par une armature métallique, cette dernière en communication avec la terre ou l'eau de la mer. Dès qu'un courant électrique se manifeste sur le conducteur, il électrise par influence l'armature. Un courant positif, par exemple, développe sur l'armature des quantités électriques négatives. L'attraction réciproque de ces quantités électriques de noms contraires accroît considérablement la capacité de la ligne. L'excès de charge qui résulte de cet état de choses, prolonge le courant de décharge dès que cesse le signal ; d'autre part, l'attraction exercée par le fluide négatif, bien que s'affaiblissant, retient sur le conducteur une partie du fluide positif : l'émission qui suit trouve donc le conducteur sous l'influence décroissante du courant de décharge et du fluide négatif. Les quantités électriques plus ou moins importantes qui occupent le conducteur au moment où se manifeste la nouvelle émission, constituent les charges résiduelles qui troublent profondément la différenciation des signaux. Les divers et nombreux systèmes précédemment mis en œuvre pour atténuer ces difficultés étaient généralement inspirés par le désir de ramener le conducteur à l'état neutre, tout au moins d'égaliser la valeur des charges résiduelles après chaque émission.

Le système d'émissions bridées, alternées, vise un but tout différent : les deux courants qui constituent un signal, le premier, le moins intense, renforce légèrement la charge résiduelle de l'émission précédente ; le second, le plus intense, constitue le signal proprement dit, et a pour but d'actionner l'appareil du poste correspondant. Les émissions gardent ainsi respectivement une prédominance nettement positive ou négative. Il suffit de les inverser pour que le courant qui se manifeste au début de chaque émission trouve le conducteur sous l'influence d'une charge résiduelle positive si ce courant est positif, négative, s'il est négatif.

Digitized by Google

Le dispositif ne modifie les installations existantes que par l'adjonction d'une planchette supportant trois relais : deux sont polarisés et inversent périodiquement le sens du courant émis; le troisième, non polarisé, a pour but de mettre hors circuit, à un moment déterminé, les bobines des relais inverseurs.

Ce système est actuellement en service, au Morse, sur la ligne souterraine Bordeaux-Poitiers, et a, jusqu'ici, donné de très bons résultats.

Digitized by Google

# Table analytique des matières de l'année 1918


| | Pages |
|---|---|
| **Postes.** | |
| Service postal d'Alsace-Lorraine, par M. Léonard, Rédacteur des Postes et Télégraphes | 249 |
| Chèques postaux, par M. Taffin, Inspecteur des Postes et Télégraphes | 259 |
| La Poste et l'esprit fiscal, par M. Broin, Sous-Directeur à l'Administration Centrale des Postes et Télégraphes | 395 |
| Appareil distributeur et trieur de plis postaux | 628 |
| COMPTE RENDU DES PÉRIODIQUES. | |
| Dévouement du personnel des Postes et Télégraphes parisien au cours des récents bombardements | 372 |
| INFORMATIONS ET VARIÉTÉS. | |
| Un cours de Poste au Mexique | 241 |
| Service postal aérien aux Etats-Unis | 391, 494 |
| Section de statistique aux États-Unis | 392 |
| Opérations de la Caisse Nationale d'Epargne en 1916 | 492 |
| Les excédents de versements depuis le 1er janvier 1918 à la Caisse Nationale d'Epargne | 493 |
| Opérations du service des chèques postaux | 651 |
| Nettoyage des wagons | 652 |
| **Télégraphes.** | |
| Note sur une communication Baudot quadruple Naples-Palerme, par M. Mercy, Commis Principal au Poste Central Télégraphique de Paris | 197 |
| Le dynatron et le pliodynatron | 269 |
| Étude sur l'anti-induction des circuits construits en diagonale, par M. Cornet, Ingénieur des Postes et Télégraphes, précédée d'une note de l'Ingénieur en Chef Pomey | 281 |
| La combinaison des circuits : Réflexions sur la terminologie en usage, par M. Cauchie, Rédateur des Postes et Télégraphes | 337 |
| L'Electrification des chemins de fer français; ses conséquences au | |


Digitized by Google

| | Pages |
|---|---|
| point de vue de l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques, par M. A. Maudhit, Professeur d'Electrotechnique à la Faculté des Sciences de Nancy | 499 |
| Communication Baudot quadruple Paris-Londres, par M. Mercy, Commis Principal au Poste Central Télégraphique de Paris | 623 |
| Le synchronisme dans l'appareil multiplex employé par l'armée américaine, par M. Toupet, Inspecteur des Postes et Télégraphes. | 608 |
| Essais de lignes dans les bureaux de moyenne et de petite importance, par M. Poirier, Inspecteur des Postes et Télégraphes | 625 |
| COMPTES RENDUS DES PÉRIODIQUES. | |
| Amplificateur électrostatique pour la réception des ondes hertziennes | 230 |
| Troubles télégraphiques causés par le chemin de fer électrique du Lötschberg | 232 |
| Charrues pour creuser les tranchées sous-marines | 389 |
| Nouvel appareil télégraphique imprimeur | 482 |
| INFORMATIONS ET VARIÉTÉS. | |
| Police navale contre la T. S. F. | 239 |
| Méthode phonétique pour l'enseignement du code Morse | 240 |
| Machine à damer pour remblayage de tranchées | 241 |
| Piles Leclanché | 651 |
| Réception optique des signaux de T. S. F. | 652 |
| **Téléphones.** | |
| Troubles causés sur les circuits téléphoniques par des courants forts et notamment de traction monophasée | 191 |
| Les relais téléphoniques employés par l'Administration française | 403 |
| Efficacité des dicordes d'intercommunication au point de vue de la transmission téléphonique, par M. Walter C. Freemann | 411 |
| Simple remarque sur la Téléphonie à grande distance, par M. Pomey, Ingénieur en Chef des Postes et Télégraphes | 423 |
| Règles générales suivies aux États-Unis pour protéger les lignes téléphoniques contre les lignes triphasées, par M. Valensi, Ingénieur des Postes et Télégraphes | 526 |
| COMPTES RENDUS DES PÉRIODIQUES. | |
| La téléphonie automatique dans les petits réseaux | 233 |
| Récents progrès en téléphonie | 236 |
| Application du calcul des probabilités à la recherche du nombre de lignes auxiliaires nécessaires dans un système de téléphonie automatique | 375 |
| Ligne téléphonique en câble aérien | 377 |


Digitized by Google

| | Pages |
|---|---|
| Conduite aérienne pour ligne téléphonique | 386 |
| Appels simultanés sur les lignes téléphoniques | 482 |
| Le téléphone automatique à Washington | 483 |
| Dérangements sur les câbles téléphoniques souterrains | 485 |
| Appels téléphoniques abusifs | 486 |
| Restriction dans l'usage du téléphone | 487 |
| Bureau téléphonique et télégraphique du Ministère de la guerre aux États-Unis | 489 |
| Standardisation dans le service téléphonique | 490 |
| Le tunnel sous la Manche et les communications téléphoniques avec l'Angleterre. — Lettre de M. le Professeur J. A. Fleming | 645 |
| Fusion des réseaux automatique et manuel de Los Angeles (États-Unis) | 647 |
| La grenaille de charbon pour microphones | 648 |
| INFORMATIONS ET VARIÉTÉS. | |
| Nouveau poste central téléphonique à Paris | 391 |
| **Service d'Études et de Recherches Techniques de l'Administration des Postes et Télégraphes.** | |
| Économies de matières premières : Réutilisation de piles usées | 199 |
| Piles pour abonnés à faible trafic téléphonique | 205 |
| Essai de câble aérien | 206 |
| Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels | 208 |
| Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées | 209 |
| Utilisation des courants alternatifs industriels dans les bureaux télégraphiques | 339 |
| Installation de convertisseurs à vapeur de mercure aux bureaux télégraphiques de Brest et de Moulins | 354 |
| Batterie centrale télégraphique | 356 |
| Télégraphie double | 359 |
| Télégraphie multiplex | 359 |
| Télégraphie harmonique | 360 |
| Relais | 360 |
| Projet d'installation de transporteurs mécaniques à l'Hôtel des Postes de Paris | 425 |
| Essais de chariot électrique pour le transport des sacs postaux sur les quais des gares | 431 |
| Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes | 441 |
| Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés | 442 |
| Tableaux commutateurs multiples du type extensible | 637 |


Digitized by Google

| | Pages |
|---|---|
| Outillage pneumatique pour l'affouillement du sol et la plantation des poteaux télégraphiques | 638 |
| COMITÉ TECHNIQUE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES. | |
| Économies de matières premières ou de main-d'œuvre : Suppression de piles d'abonnés ; admission d'appareils d'abonnés à batterie centrale intégrale ; suppression des piles d'appel dans les bureaux téléphoniques | 210 |
| Griffe spéciale pour arracher les poteaux | 212 |
| Améliorations proposées pour le service postal | 361 |
| Transmission sur les lignes souterraines par courants alternés et bridés | 365 |
| Combinés à batterie centrale | 366 |
| Utilisation des courants industriels pour les appels téléphoniques | 443 |
| Introduction des lignes aériennes dans les bureaux centraux. Dispositifs de protection | 640 |
| Adoption d'un matériel unifié pour l'éclairage électrique des locaux de l'Administration | 642 |
| **Mission de fonctionnaires de l'Administration des Postes et Télégraphes aux Etats-Unis.** | |
| Les radiocommunications à grande distance et le réseau transocéanique français | 9 |
| **Le service postal, télégraphique et téléphonique dans les administrations et les armées des pays ennemis.** | |
| POSTES. | |
| Les chèques postaux en Allemagne | 213 |
| Union Postale entre États de l'Europe Centrale | 215 |
| Limitation dans la distribution des lettres par exprès et des télégrammes | 219 |
| Indemnités de guerre et suppléments temporaires de traitements accordés en Allemagne | 220 |
| Transports de lettres par voie aérienne | 367 |
| Le personnel féminin dans les Postes et Télégraphes en Allemagne. | 367 |
| Détournements de correspondances en Allemagne et en Autriche | 368 |
| Indemnités de mission | 369 |
| Ateliers de couture à l'usage du personnel des Postes en Allemagne. | 370 |
| Fédération des agents des Postes en Allemagne | 446 |
| Budget des Postes allemand de 1918 | 447 |
| Poste aérienne en Autriche | 450 |


Digitized by Google

| | Pages |
|---|---|
| TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES. | |
| Rôle de la section des informations dans l'armée allemande | 217 |
| Mesures prises, en Allemagne, pour alléger le service télégraphique et téléphonique | 218 |
| Essais, en Allemagne, de réutilisation de piles à liquide immobilisé usagées | 219 |
| Matériel de démonstration de T. S. F. du Bureau d'essais télégraphiques de Berlin | 452 |
| Nouveaux tarifs téléphoniques autrichiens | 470 |
| **Divers.** | |
| Théorie et fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb | 228 |
| Un Ingénieur des Télégraphes représentant de l'Alsace à l'Assemblée Nationale de Bordeaux | 238 |
| William Duddell | 239 |
| Couverture des chambres de triage | 242 |
| A propos du lumen | 372 |
| Une nouvelle pile-étalon au plomb | 374 |
| Alliage pouvant remplacer le cuivre | 392 |
| Nouvelle matière isolante | 392 |
| Les nouveaux matériaux dans l'industrie électrique | 472 |
| Les services publics pendant la guerre | 481 |
| Pile au sélénium employée comme signal d'alarme | 495 |
| Économies de cuivre | 644 |
| Bibliographie | 243 |
| Brevets d'invention | 245, 393, 496 |
| Table analytique des matières de l'année 1918 | 659 |
| Table alphabétique des noms d'auteurs | 664 |


Digitized by Google

# TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS


| MM. | TITRES DES ARTICLES | PAGES |
|---|---|---|
| BROIN | La Poste et l'esprit fiscal | 395 |
| CAUCHIE | La combinaison des circuits : réflexions sur la terminologie en usage | 337 |
| CORNET | Étude sur l'anti-induction des circuits construits en diagonale | 281 |
| FREEMANN (W.) | Efficacité des dicordes d'intercommunication au point de vue de la transmission téléphonique | 411 |
| LÉONARD | Service postal d'Alsace-Lorraine | 249 |
| MAUDUIT | L'Electrification des chemins de fer français ; ses conséquences au point de vue de l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques | 499 |
| MERCY | Note sur une communication Baudot quadruple Naples-Palerme | 197 |
| | Communication Baudot quadruple Paris-Londres | 623 |
| POIRIER | Essais de lignes dans les bureaux de moyenne et de petite importance | 625 |
| POMEY | Note sur l'anti-induction des circuits construits en diagonale | 281 |
| | Simple remarque sur la téléphonie à grande distance | 423 |
| TAFFIN | Chèques postaux | 259 |
| TOUPET | Le synchronisme dans l'appareil multiplex employé par l'armée américaine | 608 |
| VALENSI | Règles générales suivies aux États-Unis pour protéger les lignes téléphoniques contre les lignes triphasées | 526 |


*L'Editeur-Gérant*,
A. DUMAS.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

# Société des Téléphones ERICSSON

Capital : 5.000.000 de Francs

Siège Social : PARIS, 4, rue Le Peletier, 4, PARIS

Usine à COLOMBES (Seine)

## TOUT MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

Appareils Téléphoniques en tous genres.

Tableaux commutateurs à batterie locale.

Tableaux commutateurs à batterie centrale.

Installations complètes de Multiples pour Réseaux de l'Etat.

## TÉLÉPHONIE PRIVÉE

Appareils commutateurs (5 à 50 directions).

Appareils commutateurs pour communications secrètes.

Appareils étanches pour mines et chantiers.

## MAGNÉTOS ERICSSON

**Automobiles — Aviation**

**Moteurs industriels**

LES APPAREILS TÉLÉPHONIQUES ERICSSON ONT ÉTÉ CLASSÉS PREMIERS AU CONCOURS ORGANISÉ A PARIS EN 1912 PAR L'ADMINISTRATION DES P. T. T.

**ADRESSER TOUTE CORRESPONDANCE A NOTRE USINE**

**Boulevard d'Achères**

**COLOMBES (Seine)**

*Téléphone : Colombes 362. — Adr. télégr. : ERICSSON-COLOMBES*


Digitized by Google

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE

DES

# TÉLÉPHONES

(CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, CAOUTCHOUC, CABLES)

**CAPITAL : 18.000.000 de FRANCS**

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX : **25, rue du 4 Septembre, PARIS**

## LE MONOPHONE

*Appareils pour Réseaux privés et de l'État*

Standards à énergie centrale et Signaux lumineux

Appareils téléphoniques et de Signalisation

*Microphone amovible* " PARIS-ROME "

Matériel spécial pour Transport d'énergie, Chemins de fer, Mines, etc.

**AVERTISSEURS**
d'Incendie

**MICROPHONES**
pour toutes distances

*Installations Privées*

**BUREAUX CENTRAUX**
Multiples

**POSTES ET**
**TABLEAUX CENTRAUX**

*Appareils haut-parleurs*

**Appareil à Énergie Centrale**

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

**Câbles Sous-Marins**

MATÉRIEL POUR LA TÉLÉGRAPHIE


Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google